



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO *LATU SENSU*
GESTÃO EM DEFESA AGROPECUÁRIA**

PAULO JORGE PAZIN MARQUES

**RISCOS DE EROSÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
QUATORZE, MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR, POR MEIO DE
GEOPROCESSAMENTO**

**CURITIBA
2010**

PAULO JORGE PAZIN MARQUES

**RISCOS DE EROSÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
QUATORZE, MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR, POR MEIO DE
GEOPROCESSAMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista em Gestão
de Defesa Agropecuária do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Professor MSc. Juliano Andres

**CURITIBA
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO *LATU SENSU*
GESTÃO EM DEFESA AGROPECUÁRIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a monografia de especialização intitulada

**RISCOS DE EROSÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
QUATORZE, MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR, POR MEIO DE
GEOPROCESSAMENTO**

elaborada por
Paulo Jorge Pazin Marques

como requisito parcial para obtenção do Título de
**Especialista em Gestão de Defesa Agropecuária com ênfase em Sanidade
Vegetal**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Msc Juliano Andres
(presidente)

Prof. Dr. Jeferson Dieckow
1º Membro

Prof. Dr^a. Fabiana
2º Membro

Curitiba, 28 de outubro de 2010

DEDICATÓRIA

“Se teus projetos têm prazo de um ano, semeie trigo. Se teus projetos têm prazo de dez anos, plante árvores frutíferas. Se teus projetos têm prazo de um século, então educa. Semeando trigo terás uma colheita. Plantando árvores frutíferas terás cem colheitas. Mas educando alguém, colherás mais de cem vezes. Se deres um peixe a uma pessoa, ela comerá uma vez. Se ensinar a pessoa a pescar, ela colherá a vida inteira.”

Kuan Tseu (século VII a.C.)

Aos meus pais

Manuel Reis Marques e Maria de Lourdes Pazin Marques:

Por me educarem.

Por se privarem da minha ausência.

Por me ajudarem nessa caminhada até aqui.

Devo o que sou a vocês!

Esse trabalho é dedicado a vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao professor Juliano Andres pelo aprendizado constante, por disponibilizar o laboratório de Geoprocessamento da UNIOESTE- Universidade Estadual Oeste do Paraná para a elaboração dos trabalhos, pela orientação, por sua objetividade, pela paciência, pelo incentivo, e principalmente, pela amizade.

Ao professor Jair Alves Dionísio, coordenador e professor do Curso de Especialização em Gestão de Defesa Agropecuária por sua dedicação, pela serenidade e pelo profissionalismo na condução dessa especialização.

Aos professores do Curso de Especialização em Gestão de Defesa Agropecuária por possibilitarem novos conhecimentos.

À Universidade Federal do Paraná por me proporcionar novos horizontes.

Ao Governo do Paraná que através da Escola de Governo oportunizaram a realização dessa especialização.

À Secretaria Estadual de Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB) pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos do Departamento de Fiscalização e Defesa Agropecuária (DEFIS), por estarem juntos nessa caminhada e pelo apoio nos momentos de dificuldade.

Aos meus familiares que sempre estiveram ao meu lado apoiando nessa caminhada.

À minha esposa Maria Roziane Ap. de Freitas Marques, por seu amor e por ser minha fonte de apoio e incentivo constantes.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram no desenvolvimento desta monografia e para a conclusão desse curso de especialização em defesa agropecuária.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE SIGLAS.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 GEOPROCESSAMENTO.....	14
2.1.1 Breve histórico do geoprocessamento	15
2.1.1.1 Evolução internacional	15
2.1.1.2 Evolução no brasil	16
2.1.2 Conceitos	18
2.1.2.1 Sistemas de informações geográficas.....	18
2.1.2.2 Análise espacial	20
2.1.2.3 Avaliação espacial através da média ponderada	20
2.2 EROÇÃO DOS SOLOS	22
2.2.1 Consequências da erosão dos solos.....	23
2.2.2 Tipos de erosão do solo	23
2.2.3 Agentes erosivos e classes de erosão	24
2.2.3.1 Formas de erosão hídrica.....	24
2.3 PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO	27
2.4 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA	29
3 METODOLOGIA	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE	39

4.1.1 Uso do solo	39
4.1.2 Compartimentação do relevo	41
4.1.3 Hipsometria	43
4.1.4 Declividade	45
4.1.5 Orientação de vertentes	47
4.2 AVALIAÇÃO DE RISCOS DE EROSÃO DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	49
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MÉDIA PONDERADA.....	21
FIGURA 2- AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO SAGA.....	22
FIGURA 3- ESQUEMA DE OCORRÊNCIA DA EROSÃO PLUVIAL. O IMPACTO DAS GOTAS DA CHUVA NO SOLO (A), CAUSANDO DESAGREGAÇÃO (B), O SELAMENTO DOS POROS (C), E O TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS DE SOLO (D).....	25
FIGURA 4 - A- EROSÃO LAMINAR; B- EROSÃO EM SULCOS (FOTOS DO AUTOR).....	26
FIGURA 5 - C- EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS; D- EROSÃO EM VOÇOROCA (FOTOS DO AUTOR).....	26
FIGURA 6 – ILUSTRAÇÃO DA FORMA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA	29
FIGURA 7- HIERARQUIA DO SISTEMA FLUVIAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DE 4 ^A ORDEM	31
FIGURA 8 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTADO DO PARANÁ.....	33
FIGURA 9 – ÁRVORE DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS DE EROSÃO DO SOLO.....	36
FIGURA 10 – MAPA DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	39
FIGURA 11 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. USO DO SOLO 2008.....	40
FIGURA 12 – MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO DA BACIA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	41
FIGURA 13 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO	42
FIGURA 14 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	43

FIGURA 15 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ÁREA DAS CLASSES DE HIPSOMETRIA.....	44
FIGURA 16 – MAPA CLINOGRÁFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	45
FIGURA 17 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. CLASSES DE DECLIVIDADE	46
FIGURA 18 - MAPA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	47
FIGURA 19 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ORIENTAÇÃO DE VERTENTES.....	48
FIGURA 20 – MAPA DE RISCOS DE EROSÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)	49
FIGURA 21 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ÁREA DE RISCOS DE EROSÃO DE SOLOS.....	50
QUADRO 1- NOTAS PARA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCOS DE EROSÃO .	37

LISTA DE SIGLAS

ANA	- Agência Nacional de Águas
CBERS	- China - Brazil Earth Resources Satellite
DEFIS	- Departamento de Fiscalização e Defesa Agropecuária
DSG	- Divisão de Serviços Geográficos
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GIS	- Sistemas Geográficos de Informações
GPS	- Global Position Systems
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAPAR	- Instituto Agrônômico do Paraná
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT	- Land Remote Sensing Satellite
MNT	- Modelo Numérico do Terreno
SAGA	- Sistema de Análise Geo-Ambiental
SEAB	- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SIG	- Sistemas de Informações Geográficas
SPRING	- Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
UFBA	- Universidade Federal da Bahia
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UFRJ	- Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIOESTE	- Universidade Estadual do Oeste do Paraná
USP	- Universidade de São Paulo
UTM	- Universal Transversa de Mercator

RESUMO

Este estudo objetivou aplicar uma avaliação de riscos de erosão do solo na bacia hidrográfica do Rio Quatorze, Município de Francisco Beltrão-Paraná, utilizando diagnósticos do meio físico, média ponderada e Geoprocessamento. Os objetivos específicos foram: realizar diagnósticos do meio físico; orientar os técnicos da SEAB (DEFIS) sobre áreas prioritárias na área de estudo; e desenvolver uma metodologia de avaliação de riscos de erosão. A metodologia para o desenvolvimento do trabalho basicamente seguiu três etapas: na primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica, na qual foram tratados assuntos sobre Geoprocessamento e erosão dos solos. Na segunda etapa foram realizados diagnósticos do meio físico, na qual foram elaboradas bases cartográficas sobre o uso do solo, compartimentação do relevo, declividade, hipsometria e orientação de vertentes. Esses diagnósticos foram baseados em cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite. Como ferramenta nessa etapa foi utilizado o aplicativo computacional SPRING 5.1.5. Na terceira etapa foi realizada uma avaliação de riscos de erosão, na qual foram utilizados o geoprocessamento e média ponderada, sobre os diagnósticos do meio físico, o que originou uma base cartográfica apontando as áreas de acordo com o grau de risco de erosão do solo. Para essa etapa foi utilizado o aplicativo SAGA. Os resultados permitiram a quantificação e a espacialização de áreas com diferentes graus de suscetibilidade à erosão, bem como a orientação sobre as áreas prioritárias para as ações de conscientização, fiscalização e de assistência técnica a produtores da bacia hidrográfica para o planejamento do uso do solo e desenvolvimento de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: Erosão dos solos. Diagnóstico do meio físico. Avaliação espacial.

ABSTRACT

This study it objectified to apply an evaluation of risks of erosion of the ground in the hidrográfica basin of the rio Quatorze, City of Francisco Beltrão-Paraná, using disgnostic of the environment, weighed mean and Geoprocessamento. The specific objectives had been: to carry through disgnostic of the environment; to guide the technician of SEAB (DEFIS) on with priority areas in the study area; e to develop a methodology of evaluation of erosion risks. The methodology for the development of the work basically followed three stages: in the first stage a bibliographical revision was carried through, in which subjects on Geoprocessamento and erosion had been dealt with ground. In the second stage they had been carried through disgnostic of the environment, in which cartographic bases on the use of the ground had been elaborated, compartimentação of the relief, declivity, hipsometria and orientation of sources. These disgnostic had been based on topographical letters, air photographs and images of satellite. As tool in this stage computational SPRING 5.1.5 was used applicatory. In the third stage an evaluation of erosion risks was carried through, in which the geoprocessamento and weighed mean had been used, on the disgnostic of the environment, what the degree of risk of erosion of the ground originated a cartographic base in accordance with pointing the areas. For this stage the applicatory SAGA was used. The results had also allowed to the quantification and the spatial distribution of areas with different degrees of susceptibility to the erosion, as well as the orientation on with priority areas for the actions of awareness, fiscalization and of assistance technique the producers of the hidrográfica basin for the planning of the use of the ground and development of practical conservationists.

Key-words: Erosion of ground. Diagnosis of the environment. Spatial evaluation.

1 INTRODUÇÃO

A erosão consiste nos processos físicos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, causados pelos agentes erosivos. No sudoeste do Paraná, a erosão provocada pela água, também conhecida como erosão hídrica, é a mais importante, constituindo a principal causa da degradação das terras, elevando os custos relativos à produção agropecuária, uma vez que aumenta a necessidade de uso de corretivos e fertilizantes e reduz a eficiência operacional das máquinas agrícolas. A erosão causa também problemas na qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos cursos d'água, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e a escassez de água no período de estiagem, provocando problemas socioeconômicos. Os fatores que mais influenciam no processo erosivo podem ser separados em três grupos, que são as variáveis edáficas, climáticas e topográficas.

Os solos que ocorrem na região da bacia do rio Quatorze, município de Francisco Beltrão são, na sua grande maioria, bem desenvolvidos, porém o relevo ondulado os torna susceptíveis à degradação, como a erosão e o processo de percolação da água, requerendo processos de manejo adequados para o uso agrícola. Neste sentido, o preparo excessivo, associado à cobertura deficiente do solo, a chuvas intensas e ao uso de áreas inaptas para culturas anuais, constitui o principal fator desencadeador dos processos de erosão dos solos dessa região.

Como meio de prevenção do problema, indicam-se técnicas como redução da intensidade de preparo, máxima cobertura de solo, cultivo de áreas aptas para culturas anuais, emprego de semeadura em contorno e práticas mecânicas, associadas ao conjunto de práticas conservacionistas orientadas à prevenção da erosão. Porém, nos últimos anos, muitos agricultores não têm seguido as orientações técnicas para a conservação de solos, o que tem gerado muitos problemas com erosão na região e também uma demanda maior de ações da Secretaria Estadual de Agricultura e do Abastecimento (SEAB), que através do Departamento de Fiscalização e Defesa Agropecuária (DEFIS), é quem fiscaliza os agricultores no estado do Paraná no que se refere ao uso do solo agrícola.

Atualmente a fiscalização da SEAB (DEFIS) sobre erosão dos solos é apenas em áreas em que o problema já está visível e, na maioria dos casos, as ações são direcionadas para atender a denúncias de uso incorreto do solo.

Considerando a falta de mapeamento e orientação sobre áreas com riscos de erosão, o objetivo geral desse trabalho é aplicar uma avaliação de riscos de erosão do solo na bacia hidrográfica do rio Quatorze, Município de Francisco Beltrão-Paraná, utilizando diagnósticos do meio físico, média ponderada e Geoprocessamento. Os objetivos específicos desse trabalho são: realizar diagnósticos do meio físico; desenvolver uma metodologia de avaliação de riscos de erosão; e orientar os técnicos sobre áreas prioritárias na área de estudo.

Espera-se com isso, o desenvolvimento de uma metodologia na região para a elaboração de um diagnóstico de áreas de grande risco de erosão, que facilitará as ações do departamento de fiscalização da SEAB, quando da aplicação da lei do uso dos solos (lei estadual nº 8.014/84), que obriga todo o produtor a fazer conservação dos solos, orientando sobre as áreas prioritárias para ações de fiscalização e conservação de solos.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, considerando os elementos textuais: o primeiro constitui-se na introdução; o segundo na revisão bibliográfica, onde são abordados os conceitos e teorias fundamentais à pesquisa, tanto no que se refere ao geoprocessamento e à média ponderada, quanto à erosão dos solos e bacia hidrográfica; o terceiro capítulo diz respeito a metodologia, na qual é realizada uma caracterização geográfica da área de estudo e são descritos os materiais e métodos (meios de coleta, processamento e análise dos dados); a quarta parte apresenta os resultados encontrados e as discussões a cerca dos mesmos; e o quinto capítulo consiste nas conclusões, no qual também são tratadas algumas considerações e recomendações a cerca do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para organizar os textos elaborados para a revisão bibliográfica o presente capítulo foi dividido em quatro partes. Na primeira trata-se sobre o Geoprocessamento, onde se faz um apanhado histórico a nível internacional e no Brasil para compreender as suas origens. Nesse mesmo sub-capítulo é realizada uma revisão sobre os temas de fundamental importância relacionados ao Geoprocessamento, abordando aspectos dos sistemas de informações geográficas (SIG), análise espacial e a média ponderada; tendo em vista que essas ferramentas foram utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho. A segunda parte trata da erosão dos solos onde são abordados os tipos e formas de erosão. Neste sub-capítulo são descritos os agentes erosivos e as classes de erosão descrevendo com mais detalhes a erosão hídrica, uma vez que é a que mais ocorre em áreas cultivadas. Em seguida, são abordados os principais aspectos sobre as Práticas de conservação de solo. E finalmente, encerrando esse sub-capítulo, algumas informações sobre bacia hidrográfica, uma vez que esta é a principal unidade de conservação de solo e água.

2.1 GEOPROCESSAMENTO

De uma forma simplificada, analisando o sentido etimológico da palavra, o termo Geoprocessamento é o processamento de informações da superfície terrestre, uma vez que Geo significa Terra e Processamento o ato de processar. Portanto, pode-se dizer que são tecnologias para a análise de informações do espaço geográfico ou da superfície terrestre, sendo que essas análises (processamentos) são informatizados e utilizam dados com posições definidas e informações que se correlacionam com esses locais.

Neste sentido, Câmara *et al.* (2001) descreve o termo Geoprocessamento como sendo uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e ferramentas computacionais para análise de informação geográfica e que influencia várias áreas do conhecimento como a Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

A coleta e análise de informações sobre a distribuição geográfica para um determinado objetivo sempre foram importantes para o desenvolvimento das atividades das sociedades organizadas. No entanto, até recentemente isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, o que impedia uma análise mais detalhada combinando diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da informática, tornou-se possível o armazenamento e representação das informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o Geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 2001).

O Geoprocessamento constitui-se então, no processamento informatizado de dados referenciados geograficamente. Para isso, utiliza programas de computador que permitem o uso de informações cartográficas (mapas, cartas topográficas) fazendo associações com coordenadas nesses mapas ou cartas, tendo o seu uso em diversas áreas.

2.1.1 Breve histórico do geoprocessamento

2.1.1.1 Evolução internacional

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro (CÂMARA *et al.*, 2001).

Além disto, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardware*, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão Geographic Information System (GIS) ou (SIG) foi criada. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador), que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia, e serviram de base para os

primeiros sistemas de cartografia automatizada. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes proto-sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia (CÂMARA *et al.*, 2001).

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os GIS se beneficiaram grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de GIS. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações de GIS. Na década atual, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do GIS nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas. (CÂMARA *et al.*, 2001).

2.1.1.2 Evolução no Brasil

No Brasil a introdução do Geoprocessamento inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. Além disso, a vinda ao país, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivaram o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver a tecnologia, entre os quais podemos citar: a Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, a empresa de informática MaxiDATA, e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS (CÂMARA *et al.*, 2001).

Para Xavier da Silva (2004), foi a partir de 1982 que houve a expansão dos

conhecimentos sobre Geoprocessamento e Sistemas Geográficos de Informação (SGIs) no Brasil devido aos esforços da comissão brasileira da União Geográfica Internacional - UGI, chefiada então por Esperidião Faissol, que formou uma comissão de Processamento de Dados que promovia reuniões periódicas em São José dos Campos, nas instalações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. A partir daí, iniciou-se o processo de disseminação do uso do Geoprocessamento e dos Sistemas Geográficos de Informação, no qual teve papel pioneiro a UGI, em sua comissão de Processamento de Dados, e a Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. A seguir coube ao INPE, com maciça aplicação de recursos, liderar a aplicação do Geoprocessamento, com a criação do conhecido SGI do INPE, hoje englobado no moderno pacote SPRING.

Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens - DPI) que desenvolveram o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas), criando o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambiente UNIX e MS/Windows (CÂMARA *et al.*, 2001).

Ainda segundo Câmara *et al.* (2001), o SITIM/SGI foi suporte de um conjunto significativo de projetos ambientais, podendo-se citar: (a) o levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica Brasileira (cerca de 100 cartas), desenvolvido pela IMAGEM Sensoriamento Remoto, sob contrato do SOS Mata Atlântica; (b) a cartografia fito-ecológica de Fernando de Noronha, realizada pelo NMA/EMBRAPA; (c) o mapeamento das áreas de risco para plantio para toda a Região Sul do Brasil, para as culturas de milho, trigo e soja, realizado pelo CPAC/EMBRAPA; (d) o estudo das características geológicas da bacia do Recôncavo, através da integração de dados geofísicos, altimétricos e de sensoriamento remoto, conduzido pelo CENPES/Petrobrás.

O SPRING unifica o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto (ópticas e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos de terreno. A partir de 1997, o SPRING passou a ser distribuído via Internet e pode ser obtido através do web site <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia foram desenvolvidos os estudos

com a criação do Sistema de Análise Geo Ambiental, conhecido como SAGA/UFRJ. Também foi implantado na UFRJ a Área de Concentração em Geoprocessamento nos níveis de Mestrado e Doutorado, no Programa de Pós- Graduação em Geografia. O mesmo aconteceu na Universidade de São Paulo - USP, com a implantação do Doutorado e Mestrado em Geoprocessamento no Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica (XAVIER DA SILVA, 2004).

O SAGA tem seu forte na capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso como veículo de estudos e pesquisas, inclusive para a realização deste trabalho.

Os responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevantamento AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Posteriormente, constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, *software* largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de Mapeamento por Computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para "desktop mapping" para aplicações cadastrais (CÂMARA *et al.*, 2001).

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia. Construído com base num ambiente de um SIG com um banco de dados cliente-servidor, o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento e personalização de software (CÂMARA *et al.*, 2001).

2.1.2 Conceitos

2.1.2.1 Sistemas de informações geográficas

Para Druck *et al.* (2004) o termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

A principal diferença de um SIG para um sistema de informação

convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. Assim, como exemplo, para cada lote num cadastro urbano, um SIG guarda, além de informação descritiva como proprietário e valor do IPTU, a informação geométrica com as coordenadas dos limites do lote. A partir destes conceitos, é possível indicar as principais características de SIGs: Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural, e outras fontes de dados como imagens de satélite, e Geoposicionamento. E também, oferecer mecanismos para combinar a várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos e gerar mapas (CASANOVA *et al.*, 2005).

Para Xavier da Silva (2004), o adjetivo geográfico deve ser relativo ao sistema, e não à informação. Os dados constituintes da base de dados podem ter diferentes naturezas e origens, mas são estruturados segundo os seus atributos de localização e extensão territorial de ocorrência, e o sistema que os abriga é que é responsável por esta estruturação representativa da distribuição espacial das entidades consideradas. Por isso, ele defende que o termo correto seria Sistemas Geográficos de Informações e não Sistemas de Informações Geográficas.

Estes sistemas são capazes de expressar eficientemente, através de medidas diretas ou de estimativas indiretas, conceitos de expressão territorial tais como: “unidades potenciais de uso da terra”, “zonas de influência”, “áreas críticas”, “centros dinâmicos de poder”, entre outros. Tais sistemas podem, em consequência, prestar serviços valiosos para o planejamento geoeconômico, para a proteção ambiental e, em nível mais alto, para a análise geopolítica (XAVIER DA SILVA, 2001).

Ainda segundo Xavier da Silva (2001), o sistema geográfico de informação - SGI, tem a capacidade de analisar relações taxonômicas e espaciais entre variáveis e entre localidades constantes da sua base atualizável de dados georreferenciados, permitindo assim uma visão holística do ambiente. Neste sentido, o seu objetivo fundamental é produzir a informação, sob forma digital, que pode ser definida como um conjunto de dados reorganizados intencionalmente pelo pesquisador, com a ajuda do *hardware* e *software* disponíveis.

2.1.2.2 Análise espacial

A compreensão da distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço é fundamental para o entendimento de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, em ambiente, em geologia, em agronomia, entre tantas outras. Devido à disponibilidade de sistemas de informações geográficas (SIG) de baixo custo e com interfaces amigáveis, estes estudos são cada vez mais freqüentes e permitem a visualização espacial de diversos tipos de variáveis. Para isso é necessário um banco de dados e uma base geográfica (como um mapa de municípios), e o SIG é capaz de apresentar um mapa colorido permitindo a visualização do padrão espacial do fenômeno (DRUCK *et al.*, 2004).

Processos de análise espacial tratam dados geográficos que possuem uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional). Dados geográficos não existem sozinhos no espaço: tão importante quanto localizá-los é descobrir e representar as relações entre os diversos dados.

Ainda segundo Druck *et al.* (2004), além da percepção visual da distribuição espacial do problema, é muito útil traduzir os padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis. Neste sentido, a ênfase da Análise Espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a idéia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer.

2.1.2.3 Avaliação espacial através da média ponderada

O Geoprocessamento, além da técnica, possui fundamentos científicos, dentre os quais estão as análises finais e os fundamentos do ato de processamento. Dos fundamentos de processamento que permitem realizar uma avaliação espacial pode-se destacar a perspectiva Bayseana, a Lógica Nebulosa, a Teoria da Média Ponderada e a Lógica Booleana. Nesse trabalho será abordada a média ponderada.

A Média Ponderada constitui-se em um resultado final obtido após a atribuição de pesos para fatores e notas para os seus atributos, a qual se difere da Média que apenas considera o somatório de todos os fatores. A utilização da média ponderada no geoprocessamento se dá no processo de avaliação, na qual são

atribuídos pesos para os planos de informação e notas para cada uma de suas classes (Andres, 2006).

A Teoria da Média Ponderada em Geoprocessamento torna-se mais clara por meio da figura 1.

$$MP_n = \sum_k^n [P_k (N_k)] / \sum_k^n P_k$$

FIGURA 1 – MÉDIA PONDERADA
Fonte: Xavier da Silva, 2001

Na figura 1, o “MP_n” significa média ponderada, “P_k” o peso atribuído ao plano de informação, “N_k” a nota atribuída a classe e “n” o número de planos de informação do processamento. A avaliação permite considerar todos os aspectos ambientais e suas intensidades para realizar prospecções ou prognósticos ambientais, esses prognósticos definem as áreas de risco ou de potencial (XAVIER DA SILVA, 2001).

Ainda segundo Xavier da Silva (2001), a média ponderada, apesar de ser considerada simples, é muito utilizada na pesquisa ambiental para a obtenção de estimativas de possibilidades de ocorrência de entidades e eventos ambientais. Também afirma que um dos maiores méritos do seu uso em avaliações de situações ambientais, tal como o desenvolvido por esse estudo, reside na sua proximidade, analogia ou semelhança com o raciocínio avaliativo baseado no bom senso, tal como praticado em julgamentos do cotidiano.

Como exemplo, avaliações de áreas de potencial para a expansão urbana, de potencial para expansão agrícola, de risco de enchentes, risco de erosão do solo (como nesse trabalho), entre outros. Na figura 2 pode-se visualizar o ambiente de avaliação do Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA¹), onde são atribuídos os pesos para os planos de informação e notas para suas categorias.

¹ SAGA é o Sistema de Análise Geo-Ambiental desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

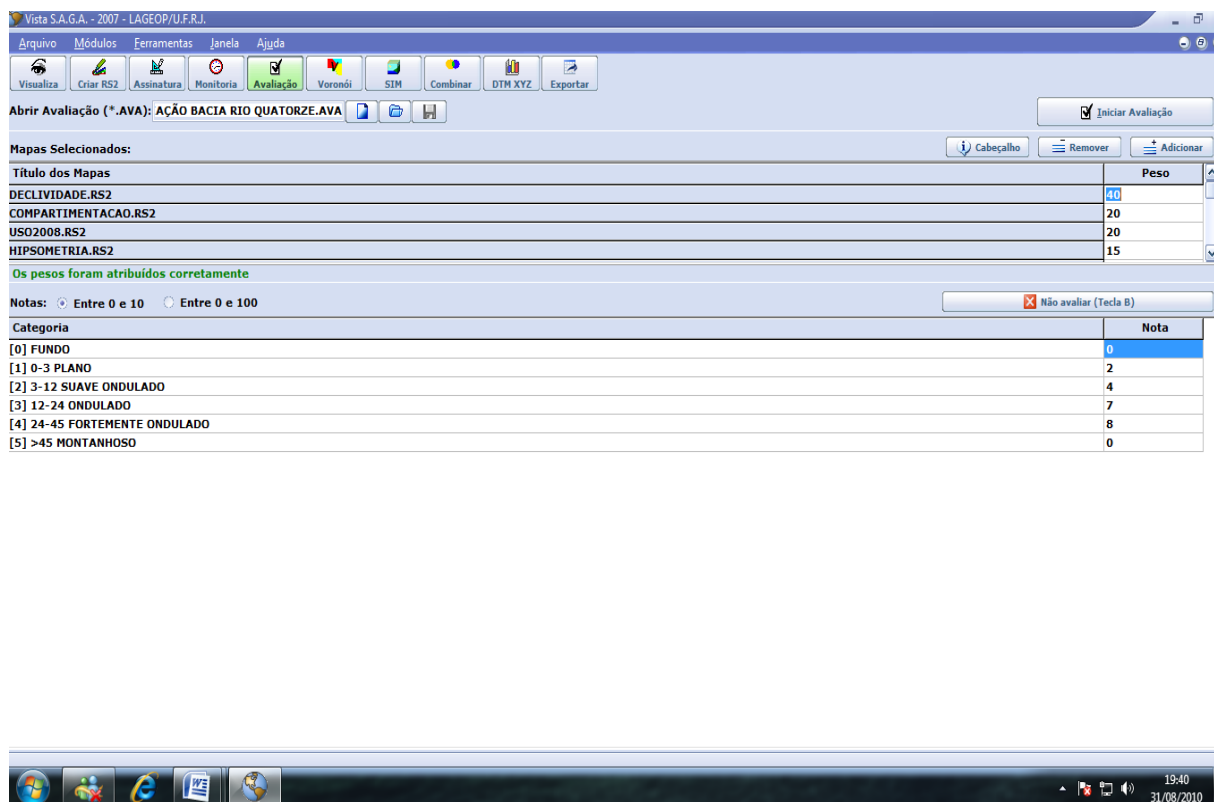


FIGURA 2- AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO SAGA.

2.2 EROÇÃO DOS SOLOS

De acordo com Favaretto *et al.* (2006) e Favaretto e Dieckow (2007), a principal forma de degradação dos solos é a erosão; sendo definida como o desgaste da superfície do solo pela ação dos agentes erosivos, principalmente a água e o vento. Em termos mais técnicos, a erosão consiste nos processos físicos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, causados pelos agentes erosivos.

A desagregação consiste no desprendimento ou separação das partículas de grânulos individuais e/ou agregados de solo, da massa que as contém pela ação dos agentes erosivos. É a primeira e mais importante fase do processo erosivo, sendo influenciada diretamente pela textura e o teor de matéria orgânica do solo (quanto maior o teor de matéria orgânica, maior a estabilidade dos agregados). Na erosão hídrica pluvial, o principal agente de desagregação do solo é o impacto das gotas da chuva e o principal agente de transporte é o escoamento superficial, que também desagrega partículas de solo, porém em menor magnitude (FAVARETTO *et al.*, 2006).

Uma vez desagregadas, as partículas de solo são transportadas para outro local pela ação dos agentes erosivos e depositadas próximas ou distantes do seu local original, podendo atingir planícies, rios, reservatórios e até oceanos. Solos argilosos, por exemplo, são mais difíceis de serem desagregados do que solos arenosos, porém, uma vez desagregados, as finas partículas da sua fração argila são mais facilmente transportadas (FAVARETTO *et al.*, 2006).

2.2.1 Consequências da erosão dos solos

A erosão do solo se constitui num dos principais problemas relacionados com o uso dos recursos solo e água. Ela pode causar problemas ambientais, econômicos e até sociais. Como exemplos de problemas ambientais podemos citar: o assoreamento dos rios e lagos, a poluição da água, e a destruição dos microorganismos do solo. A redução da fertilidade e da capacidade do solo em armazenar água diminui a produtividade das culturas e, conseqüentemente, diminui o lucro do produtor e gera problemas de ordem econômica. Por essa razão, muitos produtores também abandonam o campo e vão buscar alternativas de trabalho na cidade, gerando problemas de ordem social (êxodo rural). Outros problemas sociais que podem ser citados são o aumento no custo tratamento da água, deslizamentos e enchentes em áreas urbanas (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

2.2.2 Tipos de erosão do solo

Existem basicamente dois tipos de erosão: a erosão natural e a erosão acelerada. A erosão natural também é conhecida como erosão normal ou geológica, sendo causada por fenômenos naturais, os quais agem sobre longos períodos de tempo, sem a interferência do homem, formando as paisagens atuais como morros, serras e vales. Neste tipo de erosão, os processos de desgaste do solo atuam em equilíbrio com os processos de formação, sendo muito difíceis de serem avaliados. Já na erosão acelerada, conhecida como erosão induzida ou antrópica, os agentes atuam por períodos de tempo relativamente curtos e com forte interferência do ser humano. Este tipo de erosão se sobrepõe à erosão natural, uma vez que o equilíbrio das forças de desgaste e de formação do solo é rompido, e ocorre quando o homem utiliza a terra para fins agrícolas, para fundação de construções rurais e urbanas ou

para outros fins, onde ocorre a remoção da cobertura vegetal. As perdas que a erosão natural levaria anos para causar, a erosão acelerada leva semanas, dias ou até mesmo horas (FAVARETTO *et al.*, 2006) e (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

2.2.3 Agentes erosivos e classes de erosão

Os principais agentes erosivos são a água e o vento e conforme eles atuam são definidas as classes de erosão, sendo as principais a hídrica, causada pela água em movimento, e a eólica, causada pela ação do vento (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

Dependendo da origem da água a erosão hídrica pode ser pluvial (causada pela água das chuvas), fluvial (causada pela água dos rios) ou marinha (causada pela água dos mares). De um modo geral, a erosão hídrica pluvial é a de maior importância, por ser predominante na superfície da crosta terrestre. A erosão eólica também causa grandes problemas em alguns locais, principalmente em regiões de solo muito arenoso, ocorrendo perdas de solo e formando dunas (FAVARETTO *et al.*, 2006).

Neste trabalho, faremos a abordagem um pouco mais detalhada da erosão hídrica pluvial, descrevendo suas formas e controle, uma vez que esta é a principal forma de erosão que atua nos solos agrícolas, influenciando diretamente no seu uso e ocupação.

2.2.3.1 Formas de erosão hídrica

A erosão hídrica pluvial é causada pelo impacto das gotas da chuva e pela ação de cisalhamento ou desgaste do escoamento superficial ou enxurrada. O impacto direto das gotas da chuva desagrega o solo deixando as partículas soltas que são transportadas pela enxurrada até as partes baixas do terreno. Este impacto causa ainda, o que comumente se denomina de selamento superficial (obstrução dos macro poros da superfície do solo pelas partículas finas que foram dispersas, formando-se mais tarde uma crosta no mesmo), o que diminui a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, aumenta o escoamento superficial. Em resumo, a água da chuva que não é interceptada pela vegetação irá diretamente atingir o solo, desagregando suas partículas. Por outro lado, a água que cai no solo e não infiltra no mesmo, ou não é retida nas micro depressões existentes na sua superfície, irá

escoar sobre o terreno, transportando as partículas de solo desagregadas (FAVARETTO *et al.*, 2006) e (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

As etapas da erosão hídrica pluvial estão esquematizadas na figura 3.

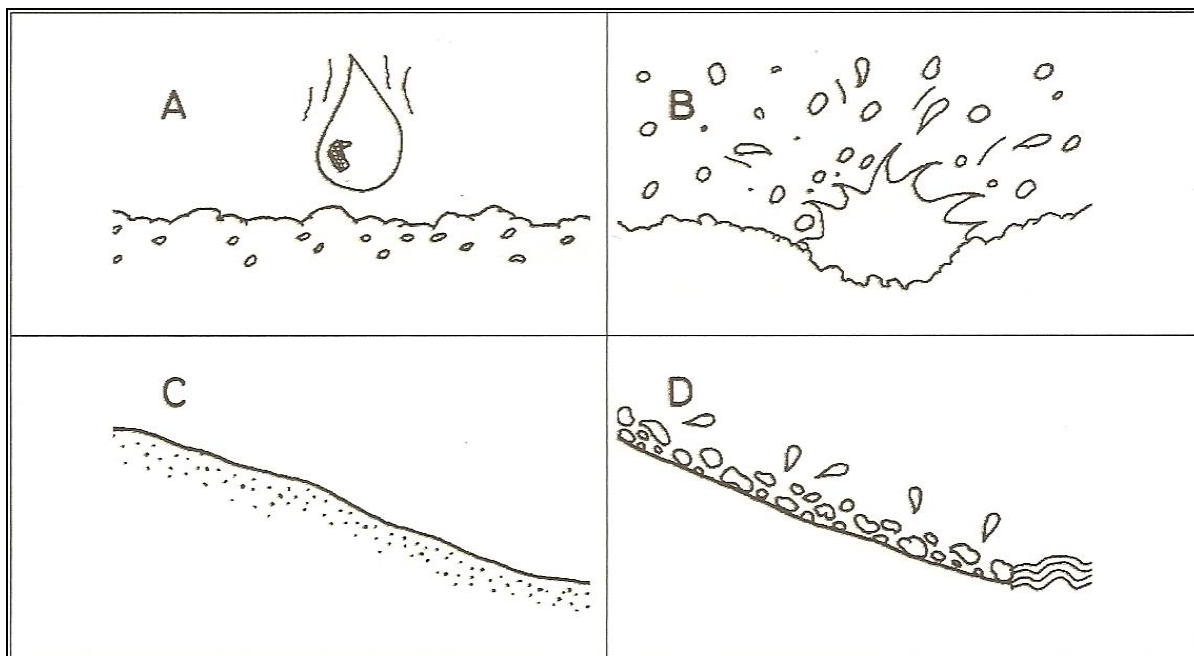


FIGURA 3- ESQUEMA DE OCORRÊNCIA DA EROSIÃO PLUVIAL. O IMPACTO DAS GOTAS DA CHUVA NO SOLO (A), CAUSANDO DESAGREGAÇÃO (B), O SELAMENTO DOS POROS (C), E O TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS DE SOLO (D).

Fonte: DERPSCH *et al.*, 1991.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), esse movimento do solo pela água é um processo complexo, influenciado pela quantidade, intensidade e duração da chuva, natureza do solo (textura, estrutura, porosidade e permeabilidade), cobertura vegetal, e declividade da superfície do terreno. Em cada caso, a força erosiva da água é determinada pela interação ou balanço dos vários fatores, favorecendo, alguns, o movimento do solo e, outros, opondo-se a ele. O material do solo deve primeiro ser deslocado de sua posição da superfície antes que possa ser transportado. Em seguida, é carregado na suspensão ao longo da superfície do terreno. O processo é o resultado do impacto da gota de chuva, da turbulência do movimento da água e do escoamento na superfície. Neste sentido, para controlar a erosão, é preciso deter não só o escoamento as enxurrada que transporta as partículas de solo como também, e principalmente, o efeito da dispersão dos agregados do solo, eliminando o desprendimento das partículas causado pelas

gotas de chuva. No processo erosivo os fatores chuva e topografia introduzem energia, enquanto os fatores solo e cobertura vegetal a dissipam.

Existem três formas principais de erosão hídrica, que são classificadas com base no aspecto como se apresenta a superfície do solo após a ocorrência da erosão. Tais formas são: erosão entre sulcos, erosão em sulcos e erosão em voçorocas, conforme figuras 4 e 5.



FIGURA 4 – A E B- EROSÃO EM SULCOS (FOTOS DO AUTOR)

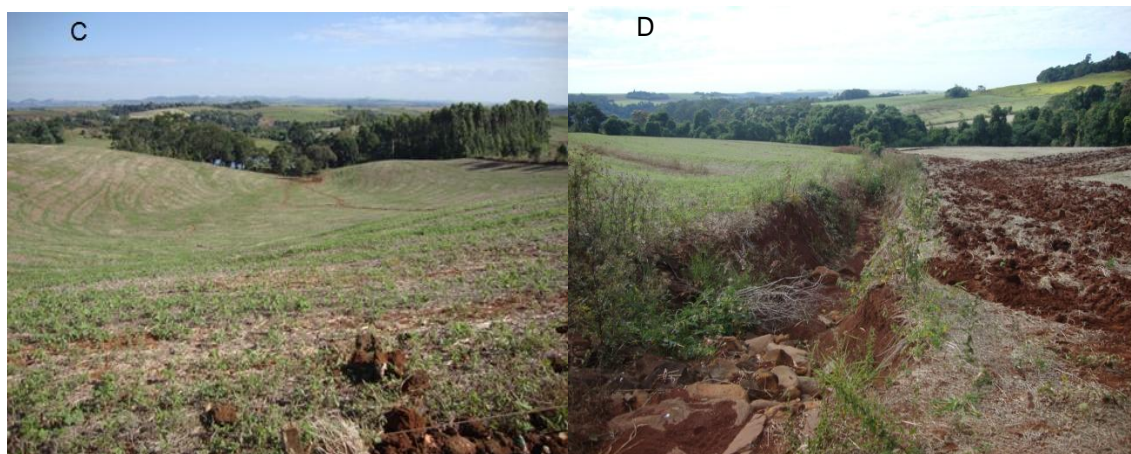


FIGURA 5 - C- EROSÃO ENTRE SULCOS E EM SULCOS; D- EROSÃO EM VOÇOROCA (FOTOS DO AUTOR)

A erosão entre sulcos (antigamente chamada de erosão laminar) consiste na remoção mais ou menos uniforme de uma fina camada de solo em toda a extensão da superfície mais lisa do terreno, onde não há concentração de enxurrada. Esta forma de erosão é de grande abrangência, porém de difícil visualização uma vez que

apenas uma fina camada uniforme de solo é removida da superfície do terreno após uma chuva. Já a erosão em sulcos é aquela que ocorre nos pequenos canais existentes na superfície do solo.

Durante uma chuva, a água se concentra nestes canais, ocorrendo, assim, a formação do sulco. Esta forma de erosão é de fácil visualização no campo e ocorre de forma aleatória, podendo ser influenciada pela movimentação de máquinas no terreno (manejo agrícola inadequado).

E finalmente, a erosão em voçoroca que representa um estágio avançado da erosão em sulcos, ocorrendo em canais com dimensões relativamente grandes, os quais impedem o livre trânsito de máquinas agrícolas no terreno. A profundidade de uma voçoroca é função da espessura do substrato geológico intemperizado do perfil de solo onde se situa e do volume de água concentrado que escoar sobre o leito da mesma. A distribuição das voçorocas na paisagem é resultado dos fatores que determinaram o seu surgimento e a recuperação desta forma de erosão, além de difícil e demorada, envolve custos elevados (FAVARETTO *et al.*, 2006) e (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

Essas diferentes formas de erosão hídrica do solo podem ocorrer simultaneamente numa mesma chuva, em um único terreno. Porém, suas intensidades nas áreas poderão variar muito, influenciadas por determinados fatores, como por exemplo, a posição na paisagem, a topografia do terreno, o tipo de solo e o sistema de manejo (FAVARETTO *et al.*, 2006).

2.3 PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO

Conservação do solo é a combinação de métodos de manejo e uso que protegem o mesmo contra seu esgotamento físico, químico e biológico ou perda. Neste sentido, a conservação do solo visa reduzir as perdas causadas pela erosão a níveis toleráveis, seja por meio da redução o impacto das gotas da chuva, seja por meio da redução do volume e da velocidade da enxurrada utilizando práticas conservacionistas (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

As medidas ou práticas conservacionistas do solo aplicadas sobre áreas cultivadas podem ser classificadas em três grupos: práticas de caráter edáfico, práticas de caráter vegetativo e práticas de caráter mecânico ou estrutural. As duas

primeiras têm por objetivo principal a proteção do solo contra a ação do impacto direto das gotas da chuva e, ao mesmo tempo também aumentam a infiltração de água no solo, e diminuem o volume e a velocidade do escoamento superficial. Já as medidas mecânicas ou estruturais envolvem a construção de estruturas disciplinadoras do escoamento superficial, tendo como objetivo principal a redução do volume e da velocidade da enxurrada. As práticas vegetativas e edáficas são bastante eficazes e de simples execução, devendo-se usar as práticas mecânicas de forma complementar. Porém, elas devem ser usadas de forma integradas a todo um sistema de manejo dos solos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999; FAVARETTO *et al.*, 2006; LEPSCH, 2002).

Para Derpsch *et al.* (1991), um controle de erosão eficaz precisa de um sistema de cultivo adequado que vise: a redução do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície do solo; a diminuição da desagregação das partículas do solo; o aumento da infiltração da água no solo e a diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada.

Segundo Paraná (1997), com base nos conhecimentos técnico-científicos disponíveis, para fins de planejamento, e/ou plano técnico, são entendidas como práticas conservacionistas de controle de erosão, de recuperação e manutenção das condições físicas, químicas e biológicas do solo e de adequação da operacionalidade da propriedade rural, as seguintes práticas: sistema de terraceamento; adequação de estradas e carreadores; sistematização do solo e contenção de voçorocas; bueiros, caixas de retenção, tanques e açudes; dissipadores de energia e assoreadores; quebra da camada adensada através de práticas mecânicas e vegetativas; cobertura do solo; cordões de contorno vegetados; faixas de retenção vegetadas; Culturas em faixas alternadas em nível; preparo do solo/cultivo/sulcamento em nível; plantio em nível; manejo de resteva/invasoras; reflorestamento/adensamento de matas; adubação orgânica; adubação verde de inverno ou verão; adubação química adequada; recuperação biológica do solo; cobertura morta; rotação de culturas; mecanização adequada; regeneração natural de matas; consorciação de culturas; calagem/correção de solos; plantio em faixas alternadas/rotação em faixas; uso racional de agrotóxicos; manejo integrado de pragas; diversificação de explorações; controle biológico de pragas; divisão de piquetes e manejo de pastagens; distribuição d'água e isolamento de aguadas; bosques sombreados; cortinas vegetais e quebra-vento; lotação correta de

animais por área; capineiras e “bancos de proteínas”; plantio direto e/ou cultivo mínimo; sistema agro-silvo-pastoril; redistribuição espacial de culturas e explorações (aptidão agrícola dos solos); reflorestamento, adensamento e regeneração de matas ciliares e/ou de reserva legal; irrigação e drenagem; e abastecedores comunitários.

2.4 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

Bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente em que toda água precipitada é drenada por um curso de água ou sistema de cursos de água conectados (sanga, arroio ou rio), sendo delimitada por divisores de água (espigões) conforme figura 6.

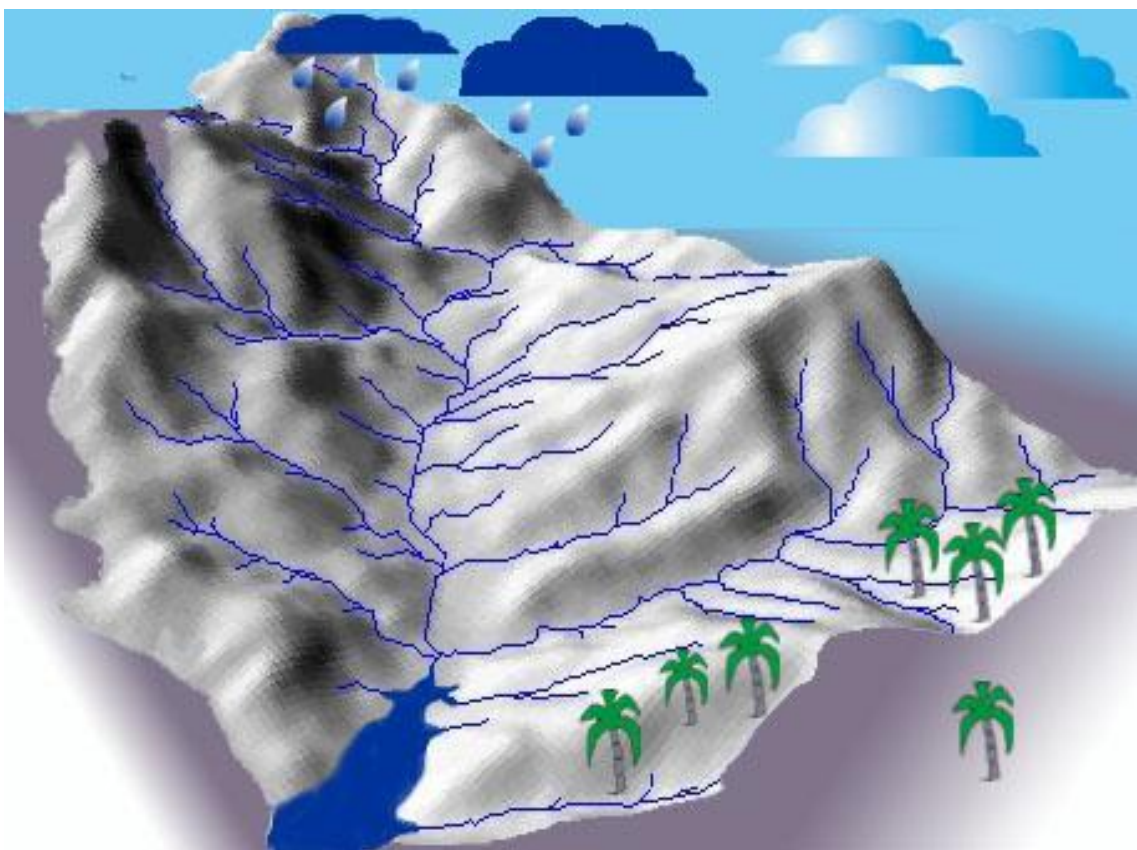


FIGURA 6 – ILUSTRAÇÃO DA FORMA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

Fonte: www.ana.gov.br

O termo microbacia também é utilizado quando se refere a uma bacia hidrográfica de menor tamanho. Dependendo de sua localização, uma bacia hidrográfica abrange propriedades rurais, escolas, estradas, casas, comunidades, centros urbanos, mananciais, etc. E todos esses componentes devem ser vistos de

forma integrada no planejamento conservacionista. O planejamento e a execução de programas de conservação de solo e da água em nível de bacia hidrográfica têm sido utilizados para enfrentar os problemas relativos ao uso e manejo inadequado dos recursos solo e água, principalmente no meio rural (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

Os limites da área que compreende a bacia hidrográfica são definidos topograficamente como os pontos que limitam as vertentes que convergem para uma mesma bacia ou exutório. Esta delimitação segue as linhas das cristas das elevações (linha de divisão de águas), circundantes da secção do curso d'água em estudo, e são elas que dividem as precipitações que caem e que escoam superficialmente, seguindo as linhas de maior declive (UFBA, 2005).

O sistema hidrográfico apresenta uma grande diferenciação de formas, tamanhos e densidades, que são determinadas pelas características fisiográficas do local onde a bacia se situa. A classificação das bacias hidrográficas é baseada no escoamento de água global, e permite a identificação de diferentes padrões de drenagem, de acordo com os arranjos espaciais dos cursos d'água (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Ainda segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), um dos métodos utilizados para estabelecer uma classificação da bacia hidrográfica, consiste na hierarquização do sistema fluvial. Os canais que não possuem tributários, ou seja, aqueles ligados diretamente à nascente são canais de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de ordem inferior. E assim, sucessivamente, conforme a figura 7.

Quando uma bacia hidrográfica é fortemente modificada, principalmente pela mudança do uso do solo, uma diversidade de problemas ambientais poderá ocorrer com reflexos imediatos na quantidade e qualidade da água por ele tributada, por isso ela deve ser considerada como uma unidade de conservação de solo e água.



FIGURA 7- HIERARQUIA DO SISTEMA FLUVIAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DE 4ª ORDEM
Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999

Para Derpsch *et al.* (1991), a eficácia na proteção contra a erosão é aumentada através do controle integrado da erosão que significa o emprego conjunto de todas as medidas devidamente comprovadas no controle da mesma. O conceito de controle de erosão em bacia hidrográfica exige práticas conservacionistas que extrapolam a propriedade individual. A integração entre órgãos públicos e iniciativa privada possibilita um controle da erosão a nível estadual e até nacional. A conscientização sistemática de toda a população para a necessidade de proteção do solo bem como o engajamento e motivação para práticas conservacionistas formam uma base melhor para um controle eficiente da erosão do que um conjunto de leis não respeitadas.

Segundo Paraná, (1997), o planejamento conservacionista em bacias hidrográficas prevalece sobre a divisão municipal, bem como sobre a de micro-bacias. A sua execução dar-se-á através de organização social ao nível dos municípios, estabelecendo inter-relações ao nível de micro bacias hidrográficas, frente ao grau de criticidade à erosão e prioridades ambientais existentes e/ou definidas. Esse planejamento conservacionista constituir-se-á no instrumento técnico operacional efetivo para a definição das prioridades e concentração de esforços institucionais e comunitários, integrando-as na busca de preservação do solo agrícola e demais recursos naturais.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo aborda a metodologia empregada no trabalho, o qual está estruturado em dois sub-capítulos: o primeiro diz respeito à caracterização geográfica da área de estudo, onde são revistos os aspectos naturais da bacia hidrográfica do rio Quatorze, município de Francisco Beltrão – PR; na segunda parte são tratados os materiais e métodos empregados na pesquisa que resultaram no diagnóstico do meio físico e a avaliação de riscos de erosão na área em estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Quatorze está localizada no município de Francisco Beltrão, e drena a margem esquerda do rio Marrecas em seu médio curso, e possui uma área de aproximadamente 10.776,16 ha ou 107,76 Km² (figura 8). A localização geográfica da bacia do rio Quatorze a insere no fuso UTM 22, que tem como meridiano central 51º de longitude oeste, entre as coordenadas planas x 277.200 e 292.360, y 7.104.960 e 7.115.320.

A população total do município é de 76.311 habitantes, de acordo com a estimativa do IBGE em Julho de 2009; dos quais cerca de 65 mil vivendo na sua área Urbana, sendo o maior município com área de 734,988 Km² e também a maior cidade da mesorregião do Sudoeste do Paraná (Francisco Beltrão, 2010).

No que se refere aos aspectos geológicos, o município encontra-se sobre um derrame basáltico antigo, no Terceiro Planalto do Paraná, ou Planato de Guarapuava. O relevo do município é bastante variável, indo de áreas praticamente planas, principalmente ao leste e ao centro, até áreas com acentuados declives, principalmente ao Oeste, próximo a divisa com o município de Manfrinópolis, na chamada Serra do Jacutinga. A altitude varia entre 450 m nas partes planas ao nordeste, até 950m nas partes altas da serra. Na área urbana a altitude predominante gira ao redor de 560 m, sendo nas partes mais baixas de 530 m e nas partes mais altas, até 650 m (Francisco Beltrão, 2010).



FIGURA 8 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTADO DO PARANÁ.

O clima predominante de Francisco Beltrão na Classificação de Köppen é Cfa (temperado, com invernos amenos cuja temperatura é superior a -3°C e inferior a 18°C e verões quentes com temperatura superior a 22°C).

Köppen Cfa:

C– temperatura média do mês mais frio entre -3° e 18° C, e do mês mais quente superior a 10° C;

f – nenhuma estação seca, úmido todo ano;

a – verão quente com temperatura média superior aos 22° C.

Entretanto no extremo oeste do município, nas áreas acima de 850 m de altitude ocorre a classificação climática Cfb. Em termos quantitativos, podem ocorrer em dias de condições atmosféricas semelhantes, gradientes de até 5°C entre as baixadas no nordeste do município (450 m de altitude) e as terras altas da Serra no oeste (até 950m). Os dados climatológicos apresentados são da estação do IAPAR, que fica a 650 m de altitude, em uma região a cerca de 2 km do centro da cidade.

Ainda de acordo com Francisco Beltrão (2010), o município de Francisco Beltrão possui como normal climatológica a temperatura média anual entre 13,9° e 26,1° C. As médias do mês de julho estão entre 8,9° e 21,3° C e as do mês de janeiro entre 18,5° e 30,3° C. As precipitações são regulares durante todo o ano, sem estação seca definida, sendo que os índices pluviométricos anuais encontram-se acima de 2000 mm. Esse clima é mais conhecido como Subtropical Úmido, com as quatro estações do ano bem definidas (inverno, outono, verão e primavera).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para o desenvolvimento do trabalho basicamente seguiu três etapas:

- 1) Revisão bibliográfica, na qual foram tratados assuntos sobre Geoprocessamento e erosão dos solos;

- 2) Diagnósticos do meio físico, na qual foram elaboradas bases cartográficas sobre o uso do solo, compartimentação do relevo, declividade, hipsometria e orientação de vertentes. Esses diagnósticos foram baseados em cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite, todas gratuitas e disponíveis no Laboratório de Geoprocessamento da UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão. Como ferramenta nessa etapa foi utilizado o aplicativo computacional SPRING 5.1.5 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – INPE).

- 3) Avaliação de riscos de erosão, na qual foram utilizados Geoprocessamento e média ponderada sobre os diagnósticos do meio físico, o que originou uma base cartográfica apontando as áreas de acordo com o grau de risco

de erosão do solo. Para essa etapa foi utilizado o aplicativo SAGA (Sistema de Análise Geo-ambiental – UFRJ) com ferramenta.

A primeira etapa de uma pesquisa é buscar material bibliográfico referente ao tema a ser trabalhado, por meio do qual são definidos conceitos, teorias e os métodos a serem utilizados. Para o desenvolvimento desse trabalho elaborou-se uma revisão bibliográfica sobre Geoprocessamento e Erosão dos Solos.

No que se refere ao Geoprocessamento, realizou-se um apanhado histórico a nível internacional e no Brasil para compreender as suas origens e abordado aspecto dos sistemas de informações geográficas (SIG), análise espacial e a média ponderada; tendo em vista que essas ferramentas foram utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho. Em seguida, com relação erosão dos solos foram abordados os tipos e formas de erosão onde foram descritos os agentes erosivos e as classes de erosão descrevendo com mais detalhes a erosão hídrica, uma vez que é a que mais ocorre em áreas cultivadas. Depois foram abordados os principais aspectos sobre as Práticas de conservação de solo. E finalmente, algumas informações sobre bacia hidrográfica, uma vez é a principal unidade de conservação de solo e água.

Em um segundo momento, procedeu-se a elaboração de uma base cartográfica digital para a bacia do rio Quatorze, a qual iniciou com a utilização de cartas topográficas rasterizadas, digitalizadas em formato Tiff elaboradas pela DSG do Exército Brasileiro, construídas com referência espacial por meio de restituição aerofotogramétrica, e foram utilizadas na escala 1:50.000. As cartas que mapeiam a bacia do rio Quatorze são: Francisco Beltrão - folha SG.22-Y-A-II-1 (MI-2861-1) e Salgado Filho - folha SG.22-Y-A-II-2 (MI-2861-2).

Após, realizou-se a conversão das cartas para o formato *grib*, o qual se constitui no formato nativo do SPRING. As imagens foram inseridas no aplicativo citado, onde se procedeu o georreferenciamento que teve como base as coordenadas planas das cartas e datum horizontal Córrego Alegre. Ainda no aplicativo SPRING, procedeu-se a vetorização manual em tela do limite da bacia hidrográfica do rio Quatorze, da rede de drenagem e das curvas de nível, todas as informações passíveis de serem coletadas das cartas topográficas.

Para o diagnóstico do uso do solo, o estudo foi realizado com imagens do sensor CCD do satélite CBERS, obtidas em setembro de 2008. Sobre essas imagens procedeu o diagnostico do uso do solo em cinco classes: solo exposto,

campo, floresta, lavoura e lâmina de água. A quantificação das classes foi realizada pelo processo de assinatura no ambiente do aplicativo SAGA.

A base cartográfica criada no SPRING permitiu a elaboração das demais bases de dados para a avaliação de riscos de erosão. Por meio da distribuição das curvas de nível e da rede de drenagem elaborou-se a compartimentação do relevo (quatro classes: topo de morro, encosta, fundo de vale e outras unidades de relevo). A partir das curvas de nível, com equidistância altimétrica de 20 m, gerou-se o modelo numérico do terreno (MNT), o qual se constitui de vários pontos com valores de coordenadas de latitude, longitude e altitude. A partir do MNT foram criadas as bases de dados de declividade que foram divididas em cinco classes, segundo modelo proposto por Andrade *et al.* (1998): (0-3%, 3-12%, 12-24%, 24-45% e mais de 45%), de hipsometria (dividido em classes com intervalos de 560-620 m, 620-700 m, 700-780 m, 780-850 m e maior que 850 m) e de orientação de vertentes (em cinco classes: norte, oeste, leste, sul e áreas com pouca inclinação).

Todas as bases de dados elaboradas para a avaliação (compartimentação do relevo, declividade, hipsometria, orientação de vertentes e uso dos solos) foram exportadas com 20 metros de resolução, pois o aplicativo SAGA realiza o processamento célula a célula, assim, todos os planos de informação devem ter a mesma resolução espacial e a mesma extensão. Essas bases de dados foram inseridas no ambiente do aplicativo CriarSAGA para a conversão do formato Tiff para o formato Raster controlado (nativo do SAGA), nesse mesmo aplicativo foram realizadas as edições finais. Após a conversão dos planos de informação, os mesmos foram inseridos no aplicativo VistaSAGA para avaliação de riscos de erosão, utilizando as bases de dados sobre compartimentação do relevo, declividade, hipsometria, orientação de vertentes e uso dos solos.

Os pesos para cada plano de informação foram atribuídos de acordo com a árvore de decisão da figura 9.

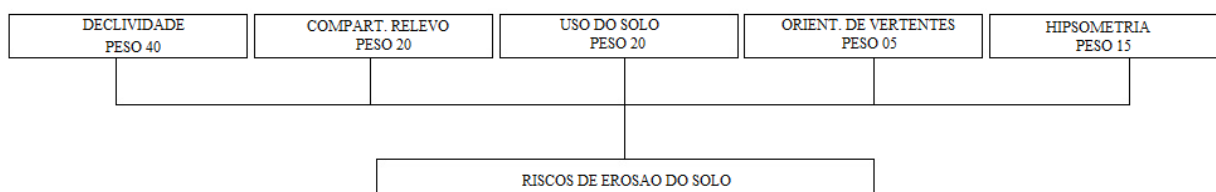


FIGURA 9 – ÁRVORE DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS DE EROSAO DO SOLO.

O plano de informação declividade recebeu o maior peso (40), pois se considerou que a declividade é a que mais influencia nos processos de erosão do solo, bem como está relacionada com a formação dos diferentes tipos de solo. As bases de dados de compartimentação do relevo e uso do solo receberam pesos intermediários (20). O plano de informação hipsometria recebeu o peso (15), e a orientação de vertentes recebeu o peso (05), pois se considerou que o mesmo é o que menos influencia na erosão do solo.

As notas para cada uma das classes dos planos de informação foram atribuídas de acordo com o quadro 1. Para o plano de informação de declividade atribui-se notas mais elevadas para as classes mais declivosas, pois se considerou que as mesmas possuem maior risco de erosão do solo. Para a base de dados sobre compartimentação do relevo atribuiu-se nota baixa para as áreas de fundo de vale, nota mais elevada para as áreas de topo de morro e a maior nota para as áreas de encosta, pois se considerou estas como as mais suscetíveis à erosão. Para o plano de informação uso do solo atribui-se notas altas para o solo exposto e lavoura devido à sua suscetibilidade à erosão dos solos, e notas mais baixas para o campo, floresta e lâmina de água, pois esses possuem menos riscos de erosão. Para a base de dados orientação de vertentes atribui-se nota intermediária às áreas norte, oeste e leste, nota mais alta para a vertente que recebem menos insolação (sul) e nota mais baixa para as vertentes de pouca inclinação. No plano de informação hipsometria atribui-se a maior nota para áreas com altitudes superiores aos 780 m, pois estas são as áreas onde se encontram os maiores declives e encostas que são mais suscetíveis a erosões, enquanto que as demais classes receberam nota mais baixa.

QUADRO 1- NOTAS ATRIBUÍDAS PARA AS CLASSES TEMÁTICAS DE CADA PLANO DE INFORMAÇÃO NA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCOS DE EROSÃO

Declividade		Compartimentação do Relevo		Uso do Solo		Orientação de Vertentes		Hipsometria	
Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota
0 - 3 %	2	Topo de Morro	8	Solo Exposto	10	Pouca Inclinação	1	560-620 m	4
3 - 12 %	4	Outras Unidades	5	Campo	4	Norte	4	620-700 m	4
12 - 24%	7	Encosta	10	Floresta	2	Oeste	4	700-780 m	6
24 - 45%	8	Fundo de Vale	2	Lavoura	8	Leste	4	780-850 m	7
> 45%	10	X	X	Lâmina de Água	1	Sul	6	> 850 m	7

O processo de avaliação de riscos de deterioração de solos gerou nove notas finais, as quais foram de 1 a 9.

A nota 1 originou-se de 13 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 0,8 a 1,45. A nota 2 originou-se de 66 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 1,60 a 2,50. A nota 3 originou-se de 142 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 2,55 a 3,45. A nota 4 originou-se de 256 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 3,50 a 4,50. A nota 5 originou-se de 222 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 4,55 a 5,45. A nota 6 originou-se de 216 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 5,50 a 6,50. A nota 7 originou-se de 120 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 6,55 a 7,45. A nota 8 originou-se de 51 combinações; as quais tiveram como produto final uma variação de 7,50 a 8,45; e finalmente, a nota 9 que originou-se de apenas uma combinação com um produto final de 8,55.

As notas 7, 8 e 9 tiveram pouca representatividade e foram agrupadas na classe de altíssimo risco, a nota 6 originou a classe de alto risco, a nota 5 a classe de médio risco, a nota 4 de baixo risco, e as notas 1, 2 e 3 a classe de baixíssimo risco de erosão do solo. Essas áreas foram espacializadas e quantificadas, gerando o mapa de riscos de erosão na bacia hidrográfica estudada.

Para um melhor entendimento do mapa de riscos e visualização clara da localização das áreas, o mapa gerado foi colorido com uma gradiente de cores de forma a correlacionar os níveis crescentes de riscos de erosão com a intensidade visual das mesmas. Dessa forma as áreas de baixíssimo risco de erosão foram coloridas com a cor verde, as de baixo risco de erosão com a cor verde limão, as de médio risco com a cor amarela, as de alto risco com a cor laranja e finalmente, as áreas com altíssimo risco de erosão com a cor vermelha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo corrente diz respeito a apresentação dos resultados e discussões da pesquisa realizada. Para melhor representação, o mesmo foi sistematizado em dois momentos: diagnóstico do meio físico e avaliação de riscos de erosão dos solos.

No sub-capítulo que trata sobre o diagnóstico do meio físico foram apresentados os cinco mapas com os resultados dos diagnósticos de uso do solo, compartimentação do relevo, hipsometria, declividade e orientação de vertentes.

Na parte que trata sobre a avaliação de riscos de erosão dos solos é apresentado o mapa com o resultado da avaliação de riscos de erosão do solos.

4.1 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE

4.1.1 Uso do solo

Os resultados obtidos nas classes de uso do solo podem ser vistos na figura 10.

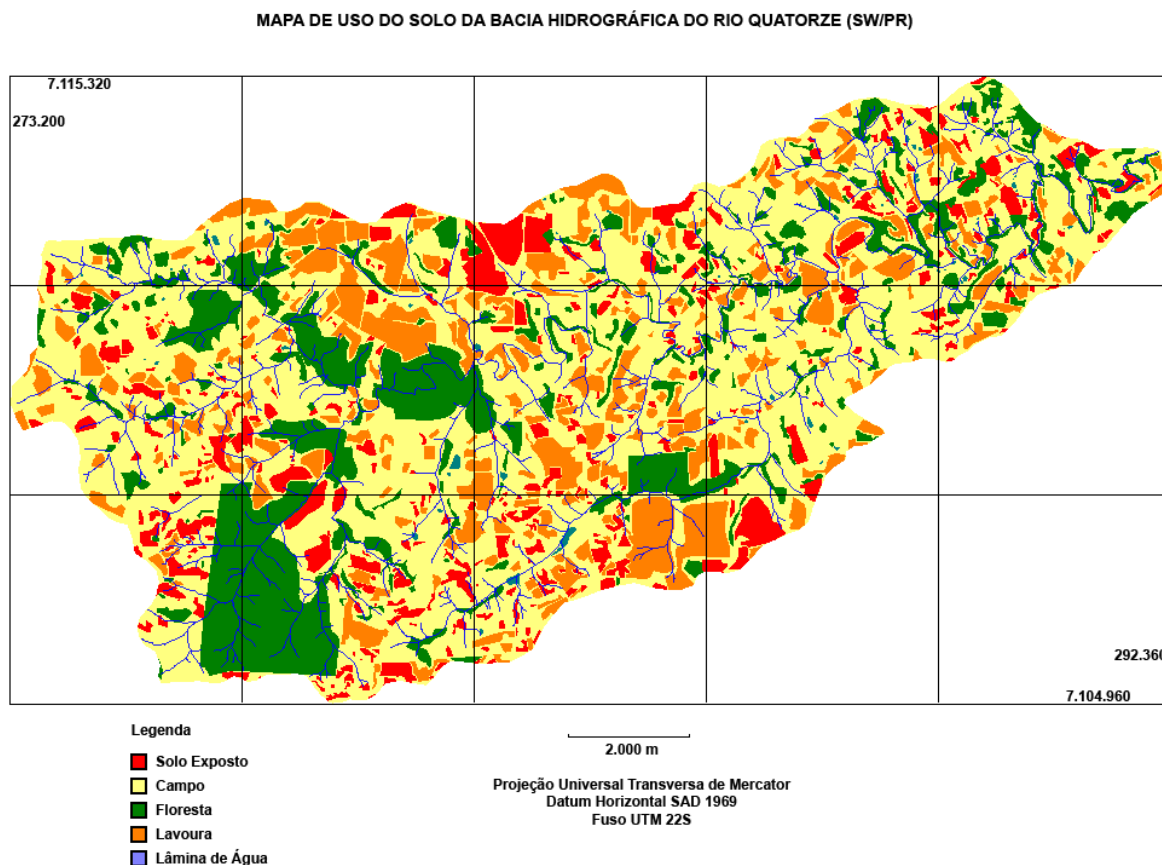


FIGURA 10 – MAPA DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

Pela visualização das figuras 10 e 11, observa-se que em 2008 predominavam áreas de campo na bacia do rio Quatorze (cor amarela no mapa), que são distribuídos uniformemente por toda a área da bacia hidrográfica. Quanto às florestas (cor verde), elas estão restritas às margens dos canais e rios, além de algumas ocorrências nas demais porções do município, em especial no centro-oeste e no sul. A classe lavoura (cor laranja) está mais presente no norte e centro-sudeste. O solo exposto (cor vermelha) aparece com mais frequência no norte e sudoeste e em pequenas porções isoladas, em especial próximas as áreas de lavoura. As áreas com lâmina de água (cor azul) se constituem no rio Quatorze e seus afluentes além de açudes distribuídos próximos dos canais ao longo de toda a bacia hidrográfica para criação de peixes e reservatórios de água para utilização pelos animais. As áreas de florestas possuem uma abrangência significativa, porém são pequenos fragmentos se comparar com a extensão de matas nativas que havia na bacia hidrográfica.

A quantificação das classes de uso do solo em 2008 originou a figura 11, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

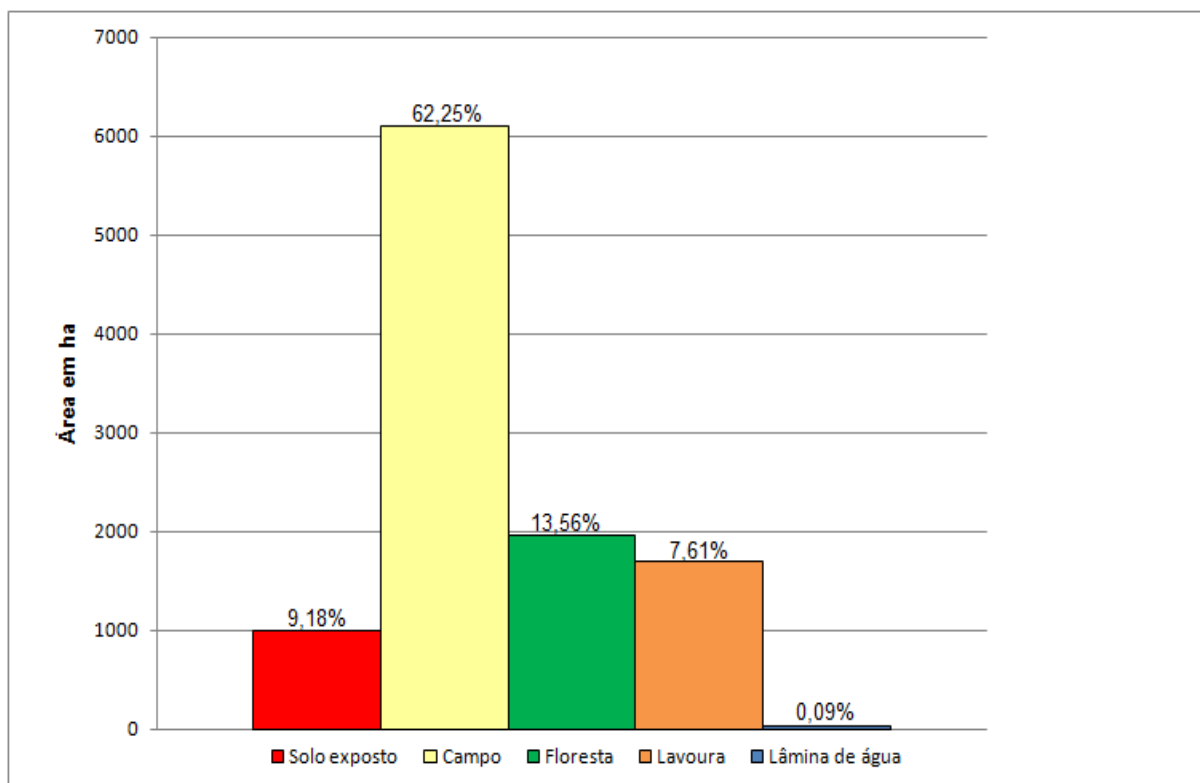


FIGURA 11 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. USO DO SOLO 2008

Por meio da figura 11 percebe-se que em 2008 os campos predominavam na bacia do rio Quatorze com 6092,28 ha, ou cerca de 62,25% da área total. As áreas de floresta tinham 1963,04 ha ou 13,56%. As lavouras ocorriam em 1697,80 ha, o que corresponde a 7,61%, as áreas de solo exposto totalizavam 990 ha, ou 9,18% e a área de lâmina de água com 33,04 ha, ou 0,09% da área da bacia hidrográfica.

4.1.2 Compartimentação do relevo

Os resultados obtidos na compartimentação do relevo podem ser vistos na figura 12.

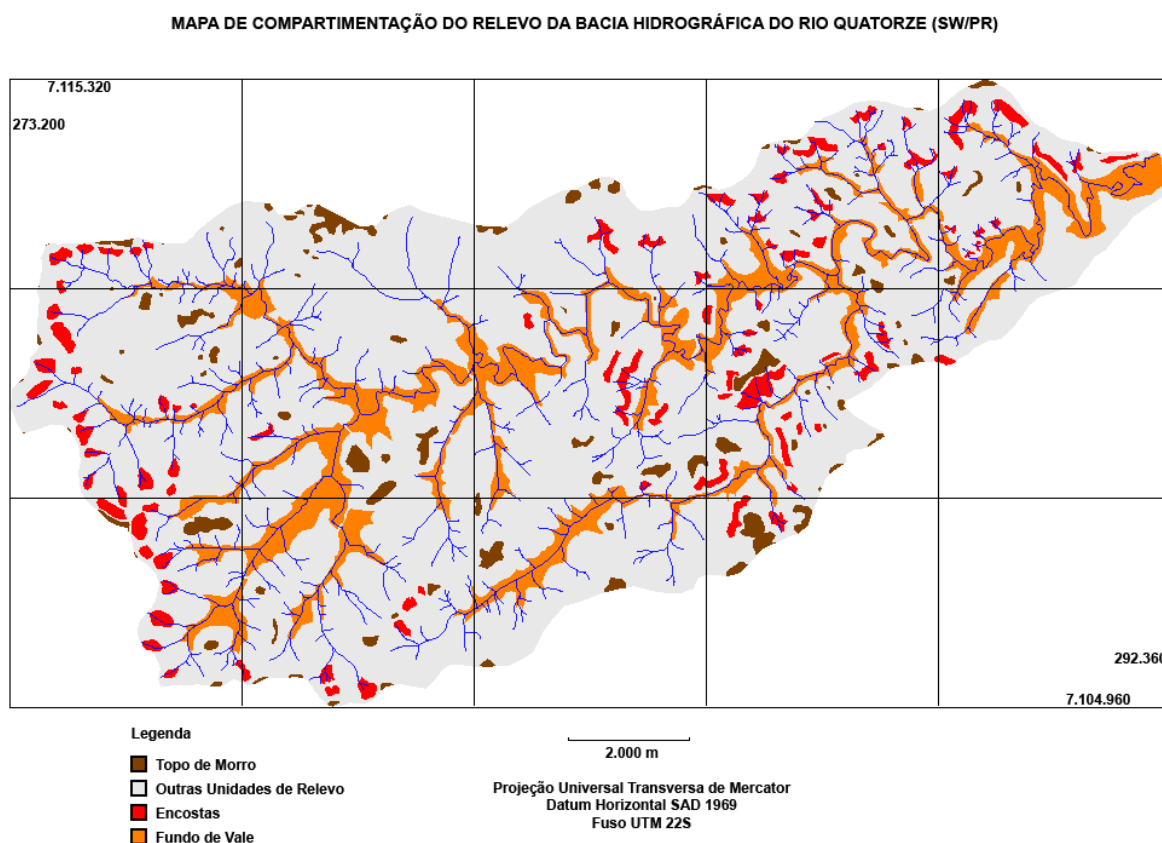


FIGURA 12 – MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO DA BACIA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

A análise dos dados da figura 12 permite verificar que as áreas de encostas (de cor vermelha no mapa) concentram-se principalmente no oeste, nordeste e sudeste. As áreas de topo de morro (cor marrom) localizam-se mais no norte, centro, oeste e sudeste da bacia enquanto que as áreas de fundo de vale (cor laranja) acompanham os rios e canais, e finalmente, as outras unidades de relevo (de cor

cinza), as quais são áreas que não foram diagnosticadas dentro dessas três classes, se distribuem de forma uniforme por toda a área da bacia hidrográfica.

A quantificação das classes compartimentação do relevo originou a figura 13, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

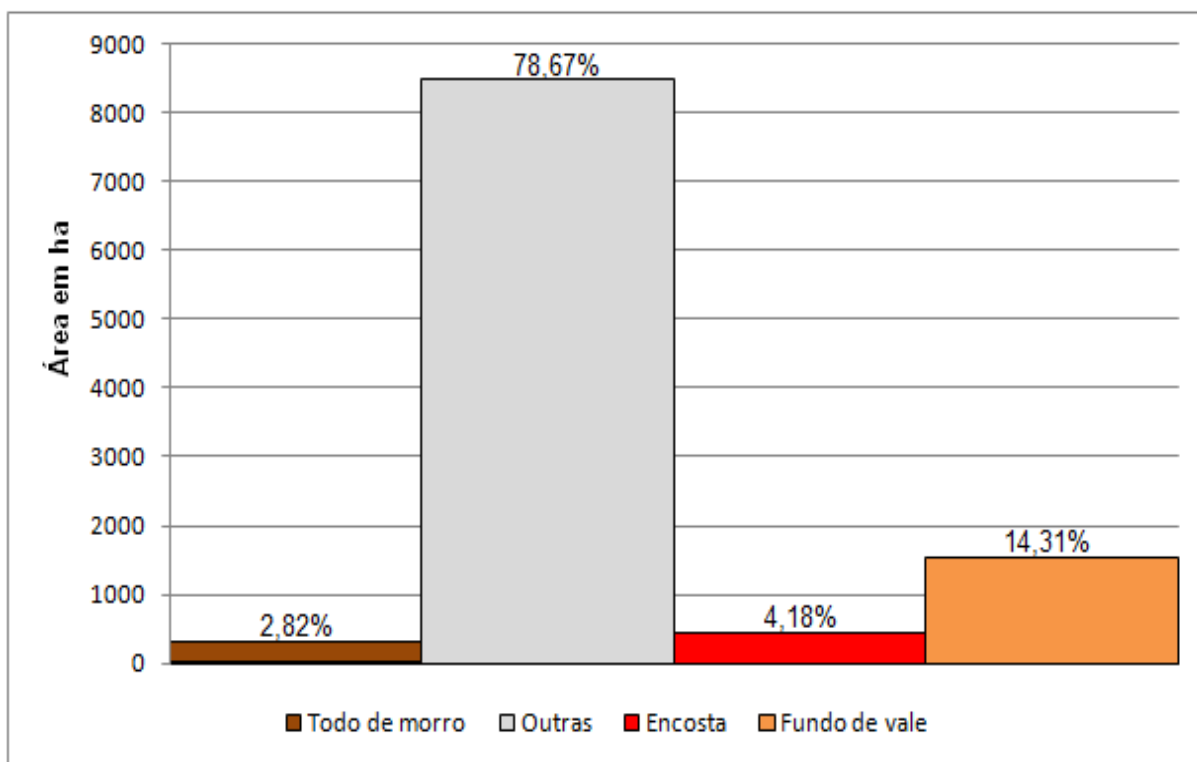


FIGURA 13 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO

Por meio da figura 13 (que possui as mesmas cores do mapa da figura 10) percebe-se que são pequenas as áreas de topo de morro e encosta, sendo que as áreas de topo de morro correspondem a 304,08 ha com cerca de 2,82% da área e as áreas de encosta somam 450,92 ha, ou 4,18%. As áreas de fundo de vale somam 1542,72 ha ou 14,31% e as outras unidades de relevo são a grande maioria com 8478,44 ha e correspondem a 78,67% da área da bacia hidrográfica.

4.1.3 Hipsometria

Os resultados obtidos na hipsometria podem ser vistos na figura 14.

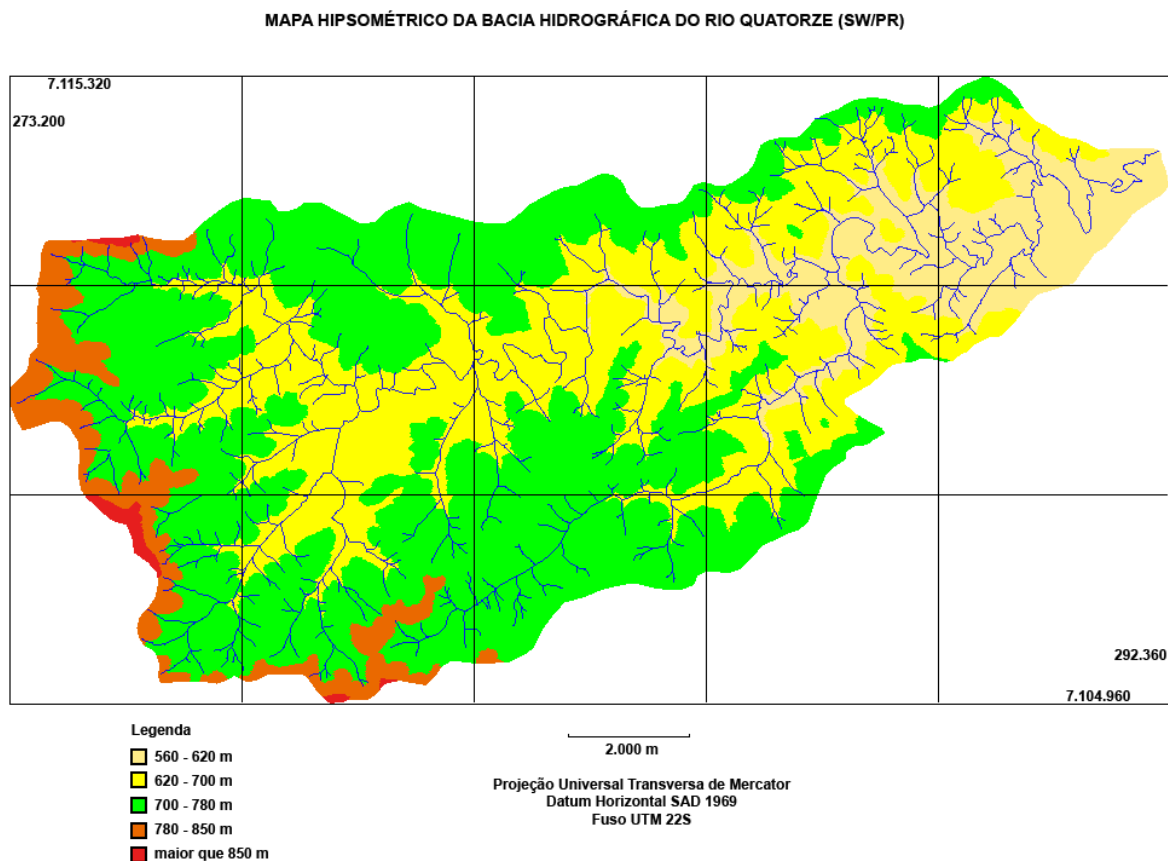


FIGURA 14 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

A análise dos dados da figura 14 permite verificar que as áreas de maiores elevações, acima de 850m (de cor vermelha) e acima de 780m (de cor laranja), concentram-se principalmente no oeste e sul. As áreas de 700 a 780m (cor verde) localizam-se mais no norte, oeste e sul da bacia enquanto que as áreas de 620 a 700m (cor amarela) e as áreas de 560 a 620m (cor amarelo creme) acompanham os rios e canais localizando-se no centro e a leste da bacia hidrográfica, onde se encontra a foz do rio quatorze.

A quantificação das classes compartimentação do relevo originou a figura 15, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

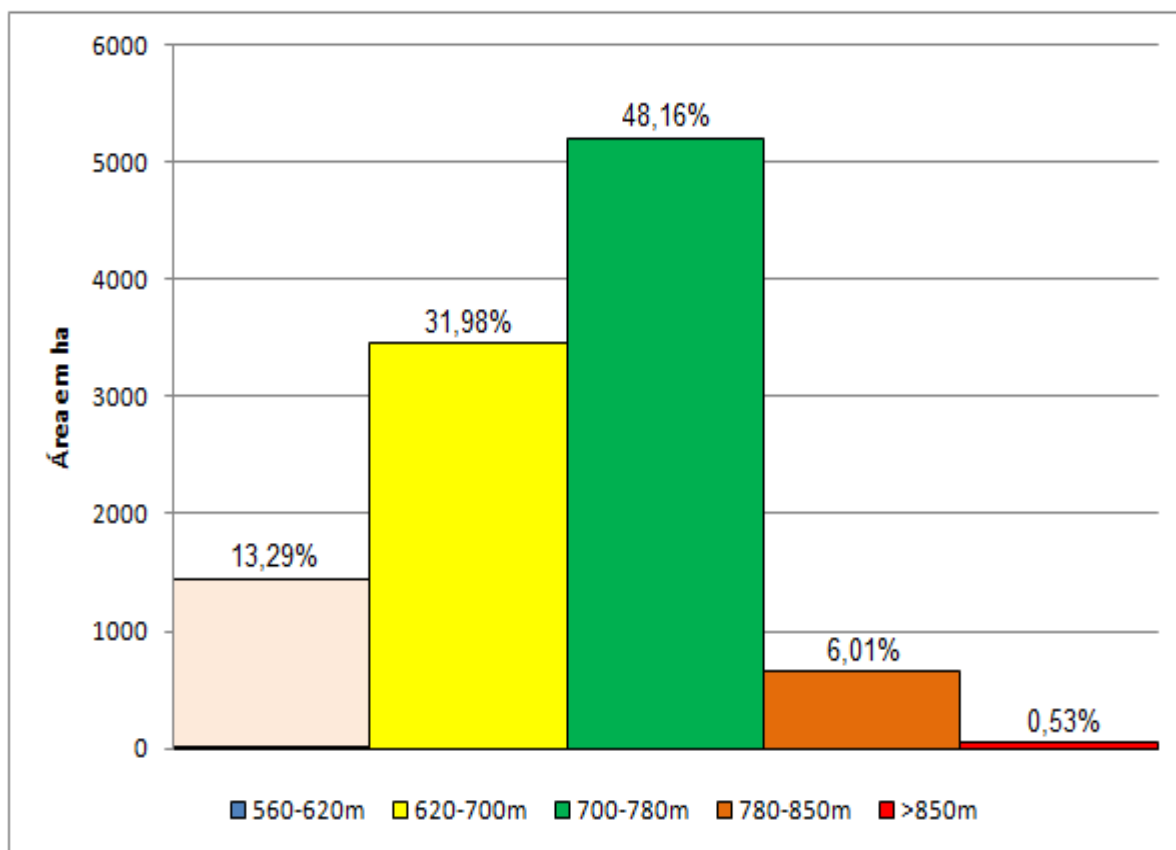


FIGURA 15 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ÁREA DAS CLASSES DE HIPSOMETRIA

Por meio dessa figura (que possui as mesmas cores do mapa da figura 14) percebe-se que são pequenas as áreas acima de 850m, com 57,96 ha que corresponde a 0,53% da área. A classe hipsométrica de 780-850m soma 648,52 ha, ou 6,01%; a classe de 560-620m com 1434,60 ha ou 13,29%; a classe de 620-700m com 3451,16ha ou 31,98% e a classe hipsométrica de 700-780m que são a grande maioria com 5197,04 ha e correspondem a 48,16% da área da bacia hidrográfica.

4.1.4 Declividade

Os resultados obtidos nas classes de declividade podem ser vistos na figura 16.

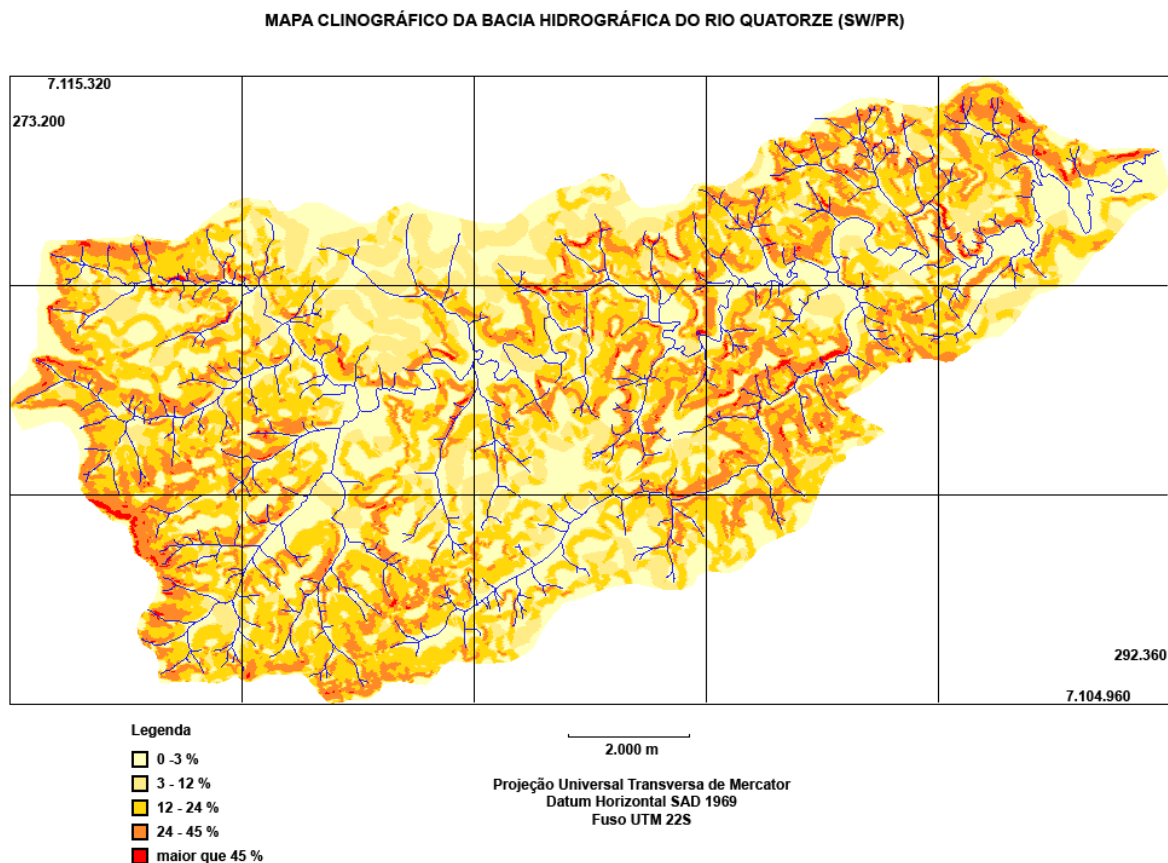


FIGURA 16 – MAPA CLINOGRÁFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

A análise dos dados da figura 16 permitiu verificar que na área de estudo as áreas de maiores declives relevo ondulado, de cor amarelo (12-24%), forte ondulado, de cor laranja (24-45%) e montanhoso, de cor vermelha (>45%) se encontram no oeste nordeste e sudeste da bacia. Enquanto que as áreas com menores declives de relevo plano, de cor creme (0-3%) e suave ondulado, de cor amarelo fraco (3-12%) se concentram no norte, centro e sul da bacia hidrográfica.

A quantificação das classes de declividade originou a figura 17, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

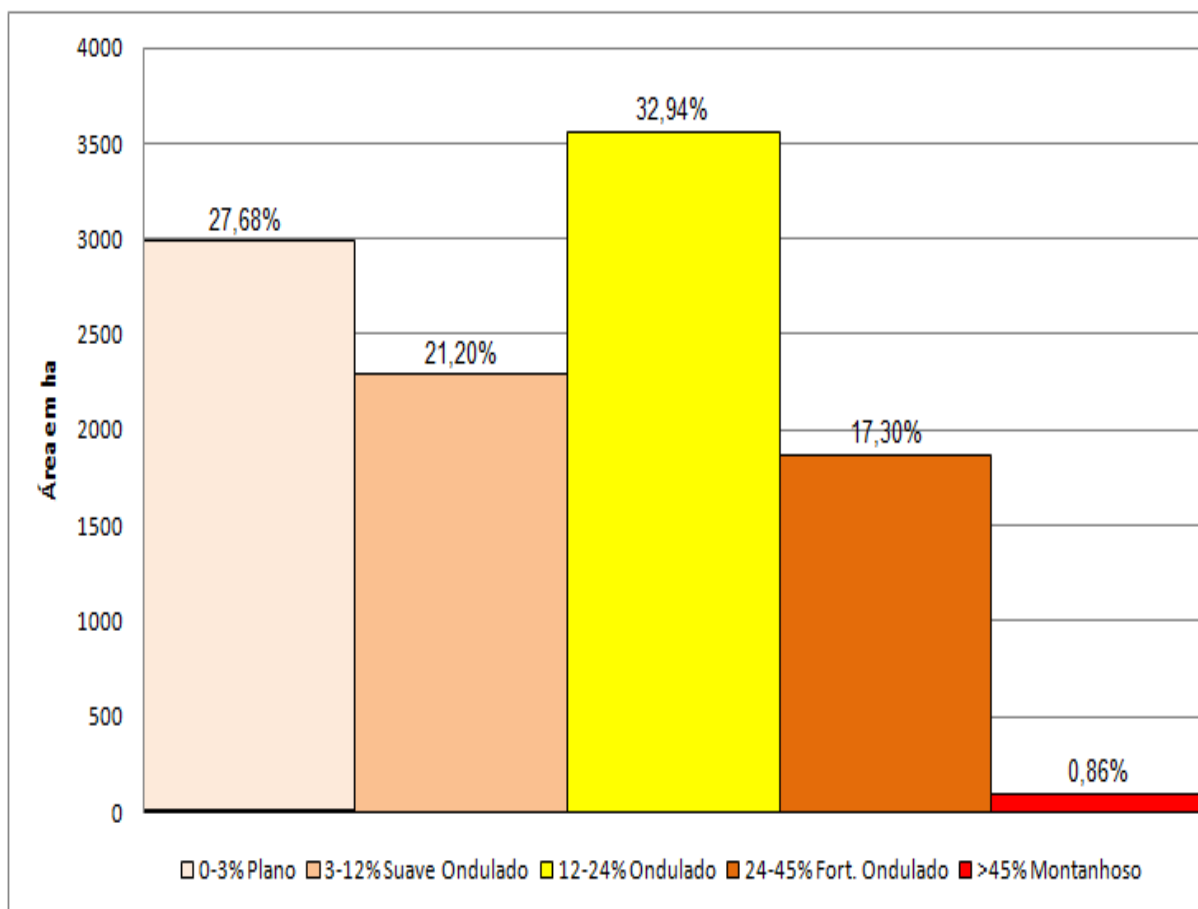


FIGURA 17 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. CLASSES DE DECLIVIDADE

Por meio da figura 17 (que possui as mesmas cores do mapa da figura 16) percebe-se que na área de estudo predominam os relevos ondulados (12-24%) com 3554,56 ha, ou 32,94%. Em seguida temos as áreas planas (0-3%) com 2987,12 ha, ou 27,68% e as áreas com relevo suave ondulado (3-12%) com 2287,44 ha, ou 21,20%. Depois temos as áreas de relevo fortemente ondulado (24-45%) com 1866,68 ha, ou 17,30% e por último as áreas de relevo montanhoso (>45%) em apenas 93,48 ha, ou 0,86% da área da bacia hidrográfica.

4.1.5 Orientação de vertentes

Os resultados obtidos nas classes de orientação de vertentes podem ser vistos na figura 18.

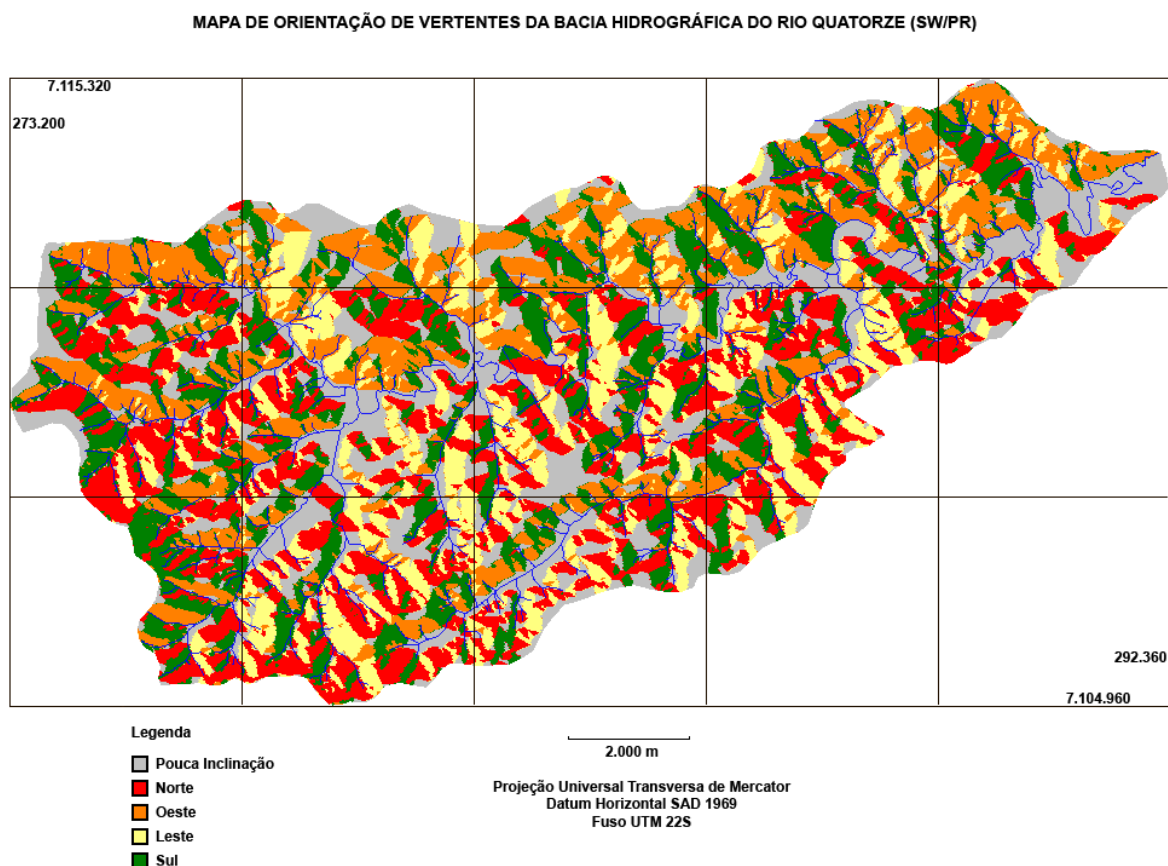


FIGURA 18 - MAPA DE ORIENTAÇÃO DE VERTENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

A análise dos dados da figura 18 permitiu verificar que na área de estudo a área de orientação de vertente norte (de cor vermelha) encontra-se distribuída ao oeste, sul, centro e sudeste da bacia. A área com orientação de vertente oeste (de cor laranja) localiza-se mais ao norte e oeste; as de orientação leste (cor amarela) e sul (cor verde) encontram-se distribuídas uniformemente por toda a bacia e as áreas de pouca inclinação (cor cinza) nos limites da bacia ao norte e oeste bem como ao longo do rio.

A quantificação das classes de declividade originou a figura 19, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

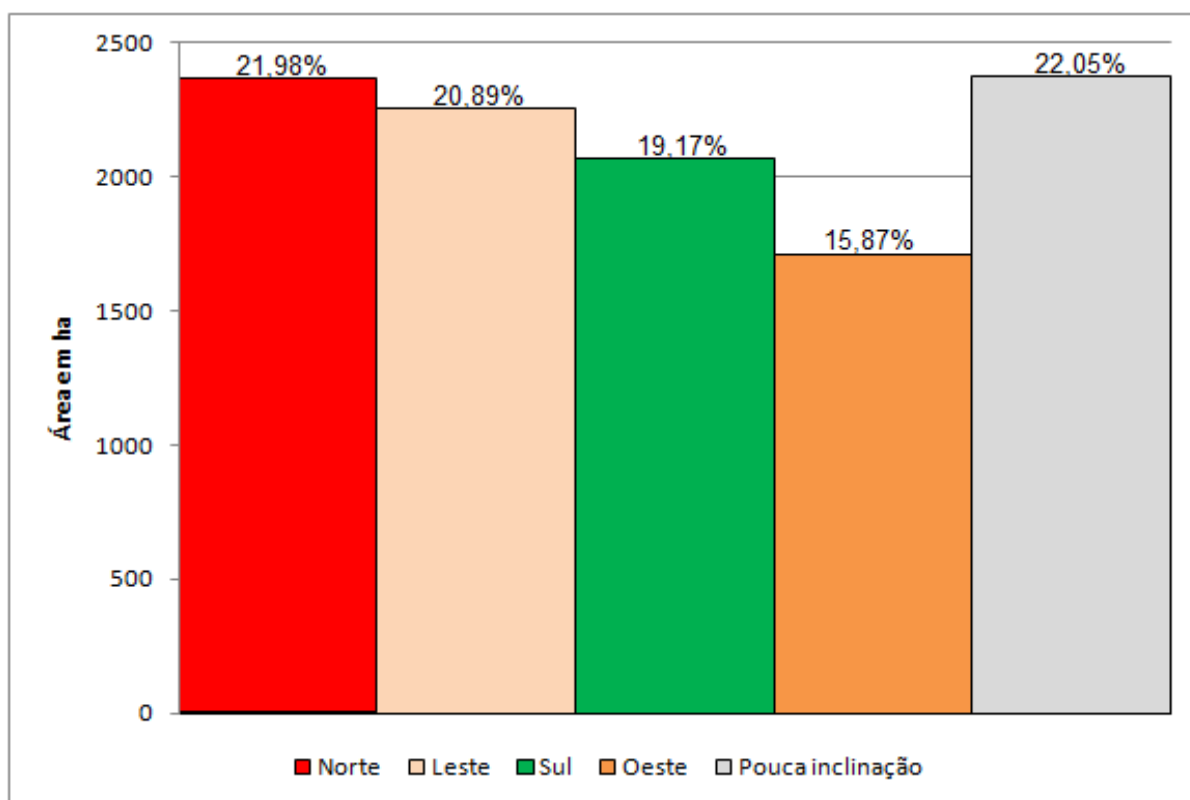


FIGURA 19 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ORIENTAÇÃO DE VERTENTES

Por meio da figura 19 (que possui as mesmas cores do mapa da figura 18) percebe-se que são pequenas as diferenças das áreas das classes de orientação de vertentes. A área com orientação norte corresponde a 2369,52 ha, ou 21,98%; a orientação leste com 2251,80 ha, ou 20,89%; a orientação sul com 2066,72 ha, ou 19,17%; a orientação oeste com 450,92 ha, ou 4,18%; a orientação pouca inclinação com 8478,44 ha, ou 78,67%. As áreas de fundo de vale somam 1542,72 ha ou 14,31% e as outras unidades de relevo são a grande maioria com 8478,44 ha e correspondem a 78,67% da área da bacia hidrográfica.

4.2 AVALIAÇÃO DE RISCOS DE EROSÃO DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

Os resultados obtidos na avaliação de áreas de riscos de erosão do solo podem ser vistos na figura 20.

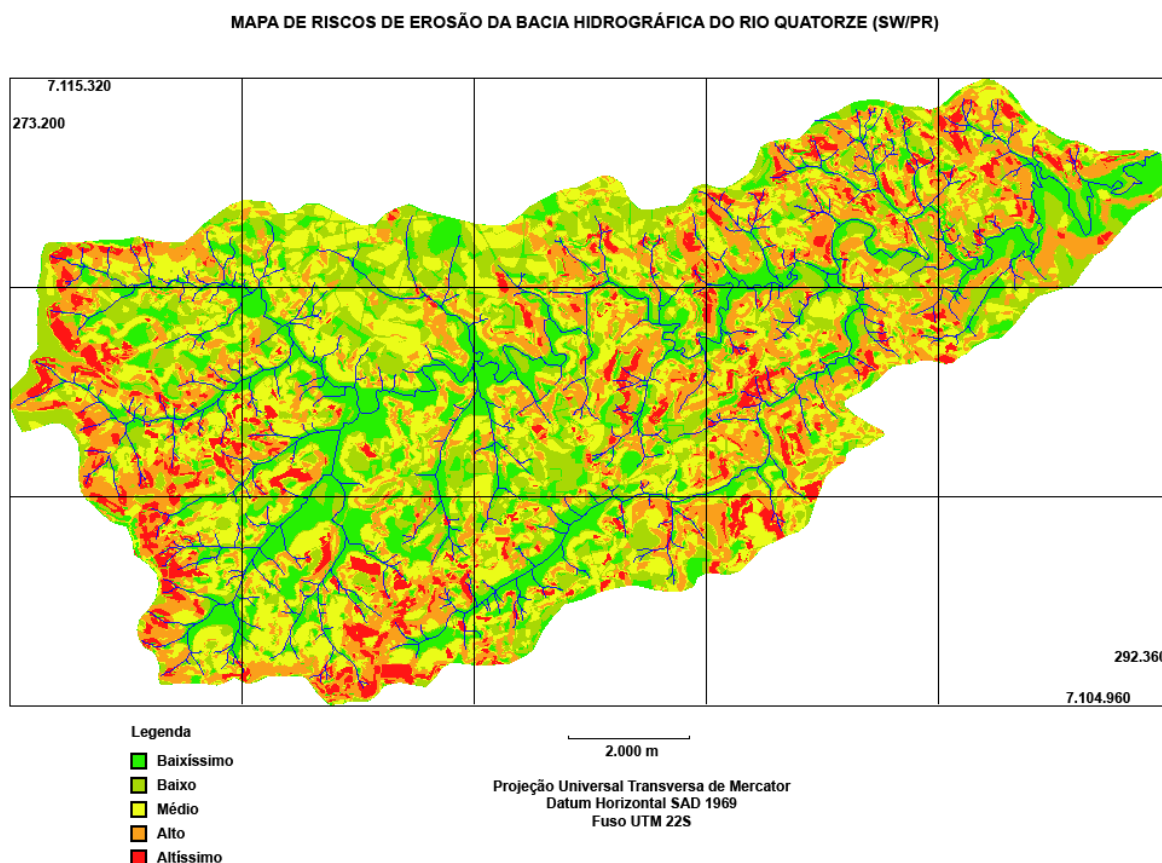


FIGURA 20 – MAPA DE RISCOS DE EROSÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE (SW/PR)

Pela visualização da figura 20 observa-se que as áreas de altíssimo risco de erosão (de cor vermelha) e de alto risco de erosão do solo (de cor laranja) ocorrem no oeste, sul e leste da bacia, sendo que as áreas de alto risco também ocorrem no nordeste centro-leste e sudeste. As áreas de médio risco (de cor amarela) predominam em toda a região central e também no norte e um pouco menos no sul da bacia. As áreas de baixo risco (cor verde limão) de erosão do solo encontram-se em maior quantidade no centro e no norte da bacia; e as de baixíssimo risco (cor verde) ao longo da rede de drenagem e em alguns pontos no norte da área de estudo.

A quantificação das classes de riscos de erosão originou a figura 21, a qual apresenta os valores absolutos e relativos de cada classe.

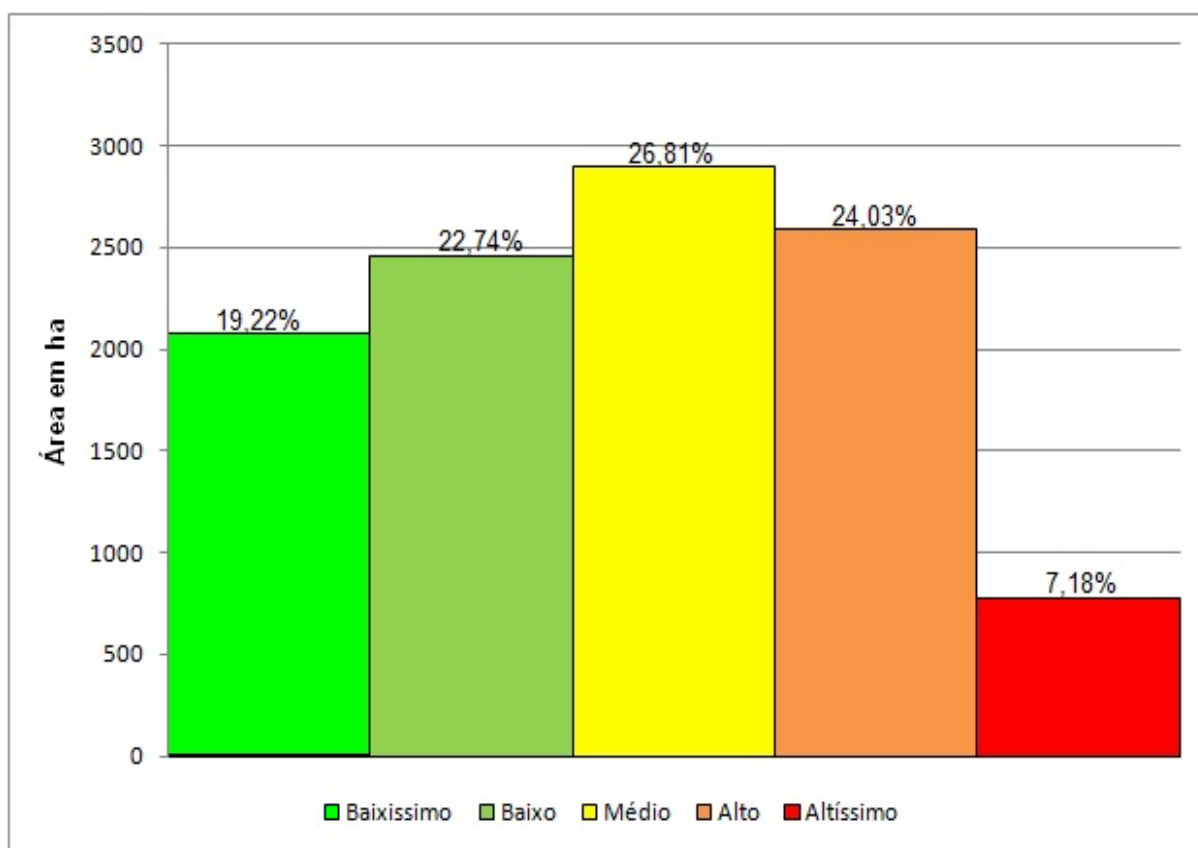


FIGURA 21 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUATORZE. ÁREA DE RISCOS DE EROSÃO DE SOLOS

Por meio da figura 21 (que possui as mesmas cores representativas do mapa da figura 20) observa-se que a quantificação das classes de riscos de erosão do solo resultou em 2074,32 ha, ou 19,22 % da área para baixíssimo risco provenientes das notas 1, 2 e 3; 2455,00 ha, ou 22,74% para áreas de baixo risco, provenientes da nota 4; 2893,88 ha, ou 26,81% para áreas de médio risco provenientes da nota 5; 2594,00 ha, ou 24,03% para áreas de alto risco provenientes da nota 6; e 775,04 ha, ou 7,18 % para áreas de altíssimo risco, provenientes das notas 7 ,8 e 9.

Os resultados do mapa de riscos de erosão gerados com o SAGA, através das análises geográficas (média ponderada) dos mapas temáticos produzidos pelo SPRING, permitiram a avaliação da correlação do uso do solo em 2008 com alguns aspectos do meio físico intrínsecos da bacia hidrográfica do rio Quatorze.

Nesse sentido, as áreas classificadas quanto ao grau de risco de erosão nessa avaliação (baixíssimo risco, baixo risco, médio risco, alto risco e altíssimo risco) não indicam necessariamente uma reordenação no uso do solo, mas sim, alguns ajustes que devem ser feitos para diminuir os processos de erosão do solo. Desse modo, o departamento de fiscalização da SEAB (DEFIS), através da defesa sanitária vegetal, poderá se orientar sobre as áreas prioritárias para as ações de conscientização e fiscalização e também a assistência técnica e produtores da bacia hidrográfica para o planejamento do uso do solo e desenvolvimento de práticas conservacionistas. Assim, será possível desenvolver um trabalho de educação sanitária junto aos produtores numa medida proativa, informando sobre as exigências legais e orientando sobre os benefícios da conservação de solos, e somente tomar medidas legais severas, naqueles produtores resistentes que não executarem práticas conservacionistas.

5 CONCLUSÕES

O objetivo proposto de avaliar a bacia hidrográfica do rio Quatorze foi plenamente alcançado, pois foi possível originar um mapeamento da área de acordo com cinco níveis de riscos à erosão definindo a sua localização e a sua quantificação.

No que se refere aos diagnósticos do meio físico foram elaborados cinco cartas geográficas para o uso do solo, compartimentação do relevo, declividade, hipsometria e orientação de vertentes.

No que se refere à metodologia, observamos que as ferramentas utilizadas para a avaliação de riscos de erosão empregando técnicas de geoprocessamento e média ponderada mostraram-se eficientes na elaboração do diagnóstico do meio físico e na avaliação de riscos, produzindo mapas temáticos que possibilitam a quantificação e a espacialização dos planos de informação inerentes à bacia hidrográfica do rio Quatorze, que são determinantes para o estudo da ocorrência da erosão do solo.

A possibilidade de atribuir pesos para os principais fatores determinantes (declividade, uso do solo, compartimentação do relevo, hipsometria e orientação de vertentes) e notas para cada uma de suas categorias, permite que sejam considerados todos os aspectos na proporção desejada, evitando que os agentes de menor relevância tenham a mesma influência que os demais no resultado final.

Finalmente, a metodologia que foi desenvolvida na bacia hidrográfica do Rio Quatorze pode servir como base para outras áreas, o que pode se tornar uma ferramenta eficiente para orientação sobre as áreas prioritárias para ações de conscientização, fiscalização sobre erosão do solo e adoção de práticas conservacionistas. Assim, o departamento de fiscalização da SEAB (DEFIS), através da defesa sanitária vegetal, poderá desenvolver um trabalho de educação sanitária junto aos produtores numa medida proativa, informando sobre as exigências legais e orientando sobre os benefícios da conservação de solos, e somente tomar medidas legais severas, naqueles produtores resistentes que não executarem práticas conservacionistas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; RESENDE, R.J.T.P.; ESTEVES, D.R.; BRASIL, J.P.K. & ROSA, E.R. **Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados georreferenciados do meio físico: IV – Principais grupamentos de solos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, MG, 1998. Anais. Universidade Federal de Lavras/ Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v.4. p.442-443.

ANDRES, J. **Análises Temporais e Espaciais do Uso da Terra no Município de Pirapó/RS, por meio de Geotecnologias.** 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência de Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. <Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Banco de Dados Geográfico.** Curitiba: MundoGEO, 2005. 506 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>

DERPSCH, R., ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da Erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: GTZ/lapar., 1991. 272p.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004. 209 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>

FAVARETTO, N.; COGO, N.P.; BERTOL, O.J. Degradação do solo por erosão e compactação. In: Lima et al. (Eds.) **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo.** Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p.255-292.

FAVARETTO, N.; COGO, N.P.; BERTOL, O.J. Uso, manejo e conservação do solo e água: aspectos agrícolas e ambientais. In: Lima et al. (Eds.) **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo.** Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p.293-341.

FAVARETTO, N. e DIECKOW, J. Conservação dos recursos naturais solo e água. In: Lima et al. (Eds.). **O solo no meio ambiente.** Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2007. p.111-126.

FRANCISCO BELTRÃO. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Francisco_Beltr%C3%A3o> Acesso em agosto 2010.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Coletânea da legislação sobre uso do solo agrícola**. Curitiba: Paraná/Seab, 1997. 40 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Bacia hidrográfica**. Apostila de hidrologia. Capítulo 2. Departamento de hidráulica e saneamento. 2005. Disponível em: [www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila\(Cap2\).pdf](http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila(Cap2).pdf) . Acesso em: 23/03/2010.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para a Análise Ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. Disponível em: <http://www.lageop.ufrj.br/>

XAVIER DA SILVA, J. e ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.